

# GUIA PARA LA ELABORACION DE PLANES DE NEGOCIO DE PROYECTOS DE ENERGIA LIMPIA Vol. III

MEXICO LOW EMISSIONS DEVELOPMENT PROGRAM (MLED).

CONTRACT: AID-523-C-11-00001

FECHA : 16 de marzo del 2016

Este informe fue elaborado por Tetra Tech ES Inc. para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

#### AVISO LEGAL

Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ni la del Gobierno de los Estados Unidos.

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)

## Guía para la elaboración de planes de negocio de proyectos de energía limpia

La presente guía fue elaborada por los ingenieros Javier Ortega Solís y Alejandro Gutiérrez Pérez, con la colaboración de la doctora Manuela Azucena Escobedo Izquierdo y bajo la supervisión de la licenciada Ana Silvia Arrocha Contreras, del doctor Daniel Carlos Buirá Clark y del ingeniero Mark J. Oven de Tetra Tech ES, Inc., en el marco del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México (MLED), patrocinado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo el contrato “AID-523-C-11-00001” implementado por Tetra Tech ES Inc.

Para mayor información, por favor contacte a: [info@mledprogram.org](mailto:info@mledprogram.org)

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)

## Guía para la elaboración de planes de negocio de proyectos de energía limpia

# Volumen III

## Contenido

### MÓDULO VI PROTOCOLO PARA MEDICIÓN-REPORTE-VERIFICACIÓN

VI.1	Antecedentes .....	5
VI.2	Introducción .....	6
VI.3	Situación actual de los conceptos de MRV para su aplicación en acciones de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) .....	9
VI.4	La aplicación de protocolos MRV en el contexto de las PyME's en México .....	13
VI.5	Reducciones en consumos energéticos: Medición, Reporte y Verificación .....	17
VI.6	Metodologías para la evaluación y el seguimiento de los beneficios energéticos .....	34
VI.7	Tecnologías y herramientas de medición y cuantificación de los beneficios energéticos .....	42
VI.8	Propuesta de metodología para la elaboración de planes MRV para proyectos de energía limpia en PyME's .....	44
VI.9	Determinación del volumen de reducción de emisiones de gases efecto invernadero .....	53

## **MÓDULO VII. EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS DE ENERGIA LIMPIA**

VII.1	Antecedentes .....	<b>61</b>
VII.2	Papel de la Ingeniería Económica en la toma de decisiones .....	<b>63</b>
VII.3	Proceso de Toma de Decisiones .....	<b>64</b>
VII.4	Alcances de un estudio de Ingeniería Económica .....	<b>65</b>
VII. 5	Elementos de Análisis Económico de Proyectos de Inversión .....,.....	<b>68</b>
VII.6	Metodologías de Evaluación Económica de Proyectos de Eficiencia Energética (PEE's) .....	<b>71</b>
VII.7	Análisis del Financiamiento del Proyecto .....	<b>83</b>
VII.8	Estados Financieros Proforma .....	<b>99</b>

### **Anexos**

VI.1	MEASURING, REPORTING, VERIFYING A Primer on MRV for Nationally Appropriate Mitigation Actions. PNUD
VI.2	International Performance Measurement and Verification Protocol
VI.3	Plan MRV implantado en empresa de servicios para el sector financiero
VI.4	1er Reporte de la actividad de Monitoreo & Verificación del Desempeño en materia de reducción del consumo de energía eléctrica en iluminación
VI.5	Metodologías para la Cuantificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y de Consumos Energéticos Evitados por el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
VI.6	Procedimiento para la estimación de emisiones de GEI
VII.1	Ejemplos Evaluación Económica y Financiera de PEL's
VII.2	Finanzas IV Planeación Financiera FCA-UNAM



## MÓDULO VI PROTOCOLO PARA MEDICIÓN-REPORTE-VERIFICACIÓN

### VI.1 Antecedentes

En el contexto de la presente guía estamos reconociendo en primer término que la experiencia en el mercado mexicano en el tema MRV es muy escasa y se remite fundamentalmente a proyectos tipo ESCo implementadas por y en el sector privado; y algunos proyectos que han obtenido bonos de carbono por parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Con base en lo anterior el procedimiento metodológico que estamos planteando es el de definir en primera instancia un marco inicial conceptual que se basa en los conceptos establecidos en el documento denominado “MEASURING, REPORTING, VERIFYING A Primer on MRV for Nationally Appropriate Mitigation Actions”, elaborado por PNUD en cooperación con el Centro Risø del PNUMA en marzo 2012; el cual propone los lineamientos para el diseño e implantación de planes o protocolos de Medición-Reporte-Verificación en el desarrollo de NAMA´s, las cuales podemos considerar hoy en día como una de las iniciativas de mayor potencial para la instrumentación de acciones de mitigación de GEI.

El segundo estadio que estamos considerando en el establecimiento de las bases metodológicas para el diseño e implantación de planes MRV, es fundamentalmente el del Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño desarrollado por la Efficiency Valuation Organization (EVO), lineamiento utilizado de forma intensiva en el desarrollo de proyectos basados en contratación por desempeño o tipo ESCo, los cuales si bien tienen marcadas diferencias respecto de la articulación de programas de fomento para el uso de energías limpias en PyME's, por otro lado ofrecen un cúmulo importante de experiencias que resultan de gran utilidad para el desarrollo de una propuesta metodológica específica para el programa de financiamiento de proyectos de energía limpia de NAFIN.

Finalmente, en esta guía se plantea por parte del equipo de consultores del Programa MLED, un procedimiento MRV que puede ser aplicable en proyectos de eficiencia energética y uso de energías renovables, acorde a las características tanto del tamaño de empresas considerado en el programa de financiamiento de NAFIN –PyME´s- como a las distintas tecnologías consideradas como medidas de mejora energética.

## VI.2 Introducción

El concepto de “Medición-Reporte-Verificación” -MRV- forma parte de las políticas públicas, así como de la normalización en el tema de PEL existentes tanto a nivel internacional, como nacional con el objetivo de impulsar la mitigación del cambio climático.

“La **Medición, Reporte y Verificación** (Monitoring, Report and Verification –MRV- en inglés) es la recolección de datos e información a un nivel nacional (o sub-nacional) para llevar a cabo los cálculos necesarios para estimar la reducción de emisiones o el mejoramiento de las reservas de carbono y la incertidumbre asociadas, en contra de un nivel de referencia”.<sup>1</sup>”

A partir de esta definición formal, podemos identificar los elementos más representativos de la naturaleza de un sistema MRV:

- *Recolección de datos e información*, lo que implica necesariamente un procedimiento de tipo cuantitativo que utilice tecnologías apropiadas para un registro confiable.
- *A nivel nacional (o sub-nacional)*, lo que nos da la pauta del concepto de territorialidad y de las posibilidades de agrupamiento por tipo de usuarios, tecnologías o cualquier elemento que sea utilizado para definir la cobertura del sistema de MRV planteado.
- *Llevar a cabo los cálculos necesarios para estimar la reducción de emisiones o el mejoramiento de las reservas de carbono y la incertidumbre asociadas*, con lo cual queda claramente estipulado que un sistema MRV requiere en todos los casos de procesos cuantitativos para la determinación de los niveles de mitigación alcanzados por una iniciativa particular.
- *En contra de un nivel de referencia*, con lo que se establece también la necesidad de definir una Línea Base que sirva como parámetro de inicio para la determinación de los niveles de mitigación.

---

<sup>1</sup> Fuente: United Nations/Framework Convention on Climate Change. VOCABULARIO Y METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION GENERAL DEL CARBONO. Publicación producida por Tetra Tech ARD, para USAID.

Por su parte, este tipo de sistemas presenta una cronología reciente en el ámbito internacional a partir de su consideración como parte indispensable de las acciones en contra del cambio climático, cuyos estadios más importantes se describen a continuación<sup>2</sup>:

### 2007- Plan de Acción de Bali (COP 13)<sup>3</sup>

Donde se definió que la Acciones de Mitigación Apropriadas a nivel Nacional<sup>4</sup> (Nationally Appropriate Mitigation Actions-NAMAs) deberán ser medibles, reportables y verificables.

### 2009 – Acuerdo de Copenhague (COP 15)<sup>5</sup>

En el que se establecieron los siguientes lineamientos:

- ✓ Estrategias de desarrollo de bajo carbono
- ✓ Reducciones voluntarias en emisiones
- ✓ Registro de NAMAs que requieren apoyo internacional
- ✓ Registro del apoyo tecnológico, financiero y de creación de capacidades brindado
- ✓ Comunicaciones nacionales cada 2 años con previsión para su consulta y análisis
- ✓ MRV doméstico para NAMAs
- ✓ MRV internacional para NAMAs apoyadas

### 2010 Acuerdo de Cancún (COP 16)<sup>6</sup>

Donde se fijaron los elementos que a continuación se mencionan:

- ✓ Guías de Reporte
- ✓ Reporte bienal de emisiones, acciones de mitigación y apoyo recibido
- ✓ Comunicación nacional cada 4 años
- ✓ Registro de NAMAs que requieren apoyo internacional con información de costos, reducciones y apoyo recibido
- ✓ MRV nacional de NAMAs
- ✓ MRV internacional de NAMAs acreditables
- ✓ Análisis y consulta internacional de reportes bienales

---

<sup>2</sup> Fuente: Taller de MRV. México, D.F., 31-05-12. Juan Carlos Arredondo, Paul Reed. UE, GIZ.

<sup>3</sup> [http://unfccc.int/meetings/bali\\_dec\\_2007/session/6265.php](http://unfccc.int/meetings/bali_dec_2007/session/6265.php)

<sup>4</sup> Las acciones de mitigación apropiadas a nivel nacional (Nationally Appropriate Mitigation Action - NAMAs). Se refieren a un grupo de normas y acciones que los países asumen como parte del compromiso para reducir las emisiones de gases efecto invernadero. Esta actividad reconoce que los países pueden emprender diferentes acciones apropiadas a nivel nacional con base en su propia equidad y de acuerdo con sus responsabilidades comunes (pero diferentes) y respectivas capacidades.

<sup>5</sup> [http://unfccc.int/meetings/copenhagen\\_dec\\_2009/meeting/6295.php](http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/meeting/6295.php)

<sup>6</sup> [http://unfccc.int/meetings/cancun\\_nov\\_2010/meeting/6266.php](http://unfccc.int/meetings/cancun_nov_2010/meeting/6266.php)

## 2011 Durban (COP 17)<sup>7</sup>

Donde se acordaron los siguientes puntos:

- ✓ Guías para reportes bienales
- ✓ Actualización del Inventario de GEI
- ✓ Información de NAMA's
- ✓ Información sobre apoyo recibido
- ✓ Información sobre MRV nacional
- ✓ Registro de NAMAs que requieren apoyo internacional con costos, reducciones, apoyo disponible y apoyo recibido

A partir de esta información, les comentamos que la presente guía atiende en este módulo la necesidad de establecer a los usuarios de la misma la necesidad de definir las condiciones de diseño, implantación y operación de procedimientos de medición-reporte-verificación en acciones de utilización eficiente de la energía y de aprovechamiento de fuentes de energía renovable, es decir, de lo que hemos denominado proyectos de energía limpia (PEL's); dentro de un contexto de cobertura que podría incluso llegar a ser nacional al estar integrado como un elemento de soporte al desarrollo del Programa de Financiamiento de NAFIN para PEL's en PyMEs.

No obstante lo anterior, el marco conceptual que este documento está planteando, es fundamentalmente el que se refiere a la definición de procedimientos puntuales para el diseño e implantación de procedimientos de MRV, lo que incluye la consideración del tipo de equipamiento necesario, en el ámbito de las diferentes tecnologías contempladas como medidas de energía limpia.

---

<sup>7</sup> [http://unfccc.int/meetings/durban\\_nov\\_2011/session/6294.php](http://unfccc.int/meetings/durban_nov_2011/session/6294.php)

### **VI.3 Situación Actual de los conceptos de MRV para su aplicación en acciones de mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI)**

En esta sección se plantea información base acerca de cómo desarrollar sistemas MRV para su aplicación en NAMA's, identificando aquellos elementos que deben considerarse al diseñar protocolos adecuados a las condiciones de nuestro país<sup>8</sup> (ver anexo VI.1).

Estamos contemplando este alcance en la presente guía con base en la expectativa de proponer metodologías cuyo diseño e implementación permitan a los programas y proyectos en que sean aplicados, poder encontrar de la manera más ágil posible, elementos de integración para una mayor cobertura e impacto, como podría ser la integración de una NAMA nacional o sub-nacional (i.e. NAMA PyME).

#### **VI.3.1 Aplicación de las rutinas de MRV**

La aplicación de sistemas MRV implica la medición, reporte y verificación de la reducción de emisiones, o cualquier otro objetivo adicional que un programa o proyecto presente, como podría ser el caso, por ejemplo, del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), en el cual se presentaron objetivos adicionales al servicio de la promoción del desarrollo sostenible, para los cuales no se instrumentó un sistema MRV que permitiera medir las actividades de sostenibilidad del MDL que fueron introducidas.

##### ***Medición***

La medición es el primer elemento esencial en un procedimiento de evaluación integral de la eficiencia en la aplicación de medidas de mitigación. Se trata de la colección de datos principales necesarios para la preparación del Reporte y, en definitiva, del proceso de Verificación.

Lo que se requiere para la medición del todo, depende de las reivindicaciones finales que se van a realizar como parte del programa de mitigación. Aunque en general el monitoreo se asocia con la medición de las emisiones, también hay otros elementos que pueden requerir del mismo.

En el marco del MDL, pudo existir una variedad de opciones de monitoreo dentro de un programa de mitigación, mientras que bajo el Programa de Lluvia Ácida, el monitoreo se limita a las emisiones reales de la chimenea.

---

<sup>8</sup> MEASURING, REPORTING, VERIFYING A Primer on MRV for Nationally Appropriate Mitigation Actions. PNUD en cooperación con el Centro Risø del PNUMA. Marzo 2012.

Con base en lo anterior se debe considerar que, cuanto mayor sea el alcance de los programas de mitigación, los requisitos de monitoreo tendrán que ser más flexibles.

El Programa de Lluvia Ácida es relativamente simple en su esquema de monitoreo, ya que sólo toma en cuenta un sector restringido con un gas relativamente fácil de medir. El MDL, por su parte, cuenta con 15 ámbitos sectoriales diferentes, en los cuales se tienen que adoptar requisitos de monitoreo que se adapten a cada uno de los sectores.

Esto requiere también del acceso a un significativamente mayor número de especialistas, a fin de determinar si los requisitos de control son capaces de proporcionar la información necesaria para medir las emisiones.

Los diseñadores de esquemas de mitigación tales como el California Climate AB32<sup>9</sup> y el Western Climate Initiative<sup>10</sup> han pasado un tiempo considerable antes de la puesta en marcha de los programas de desarrollo de protocolos de monitoreo y sólo han ampliado su ámbito de aplicación una vez que un nuevo protocolo de monitoreo se desarrolla.

Otros esquemas como el Korean ETS<sup>11</sup> ubican su planteamiento de desarrollo en sistemas de monitoreo utilizando la metodología del Consejo Ejecutivo del MDL.

### **Reporte**

En las actividades de reducción de emisiones actuales, la actividad de *Reporte* se centra en las instalaciones específicas bajo escrutinio y las fuentes de emisiones y gases de la actividad del proyecto.

*Reporte* se puede dividir generalmente en:

- Reporte de emisiones directas; y
- Reporte de emisiones indirectas.

Según el esquema de *Reporte de Emisiones Directas*, generalmente se requiere instalar medidores que informen de manera automática y directamente en una base de datos específica, por lo tanto, se trata de un sistema automatizado y electrónico.

Los Reportes de Emisiones Indirectas normalmente confían en el registro manual de los datos y el correspondiente cálculo de emisiones, las cuales son verificadas posteriormente antes de ser registrados como datos finales.

---

<sup>9</sup> <http://www.arb.ca.gov/cc/facts/facts.htm>

<sup>10</sup> <http://www.westernclimateinitiative.org>

<sup>11</sup> <http://about.bnef.com/white-papers/south-koreas-emissions-trading-scheme/>

Los *Reportes de Emisión Directa* ofrecen la ventaja de que los datos obtenidos son completos, precisos y en tiempo real. Esto significa que la necesidad de conocimientos apropiados para la medición y presentación de informes de la instalación, se eliminan o se mantienen en un nivel mínimo.

Por otra parte, la experiencia muestra que a pesar de que los equipos de medición estén instalados y funcionen correctamente, no todas las fuentes de emisión de la instalación son siempre identificadas y medidas en su totalidad, lo que se puede traducir en reportes de emisiones incompletos. Estos reportes incompletos a veces se pueden explicar por los rígidos requisitos establecidos por algún método de reporte que no siempre se ajusta a las condiciones de operación de alguna instalación en particular.

Los *Reportes de Emisiones Indirectas*, utilizados en esquemas como el MDL y el ETS de la Unión Europea, permiten mayor flexibilidad entre las diferentes instalaciones, ya que normalmente se pueden introducir variaciones en los registros de información, lo que favorece la obtención de datos más confiables. Este sistema es muy exigente en las instalaciones y requiere de experiencia especializada y competencia con el fin de trabajar de manera efectiva. Esto es particularmente cierto cuando la instalación tiene que interpretar una metodología con el fin de cumplir con sus obligaciones de información y seguimiento. Como consecuencia, un sistema de MRV que se basa en reportes de emisiones indirectas, normalmente requiere una cantidad considerable de documentación de apoyo para ayudar a la instalación en la realización de la supervisión y la presentación de reportes, así como el verificador en la realización de la verificación.

### **Verificación**

En muchos de los programas de mitigación del cambio climático, los esquemas de MRV utilizan una verificación externa independiente (tercero) para confirmar que el Monitoreo y el Reporte se ajustan a los requisitos establecidos, sin embargo, en los esquemas MRV de Nueva Zelanda, Australia y los EE.UU., la verificación se realiza, bien por la propia empresa (Segunda y primera verificación de un tercero), o por inspectores del gobierno, aunque esto último generalmente puede ser visto como otra forma de verificación de tercera parte, mientras que el primer esquema se utiliza a cuando existe un marco legal sólido.

Por ejemplo, en los EE.UU. cuando se utiliza el esquema de primera verificación por la empresa usuaria y su presidente (CEO) se hace responsable de que los datos obtenidos han sido verificados de forma adecuada. Esto a menudo resulta lo suficientemente eficaz ante los requerimientos de la legislación ambiental respectiva, debido a que se puede hacer responsable de forma personal al director general (CEO) de manejos inapropiados de la información.

En los países donde no se pueden hacer CEOs personalmente responsables por el desempeño ambiental de la empresa, esta estructura no es factible. La verificación, como el monitoreo, debe ser claramente definida y en línea con los objetivos de mitigación de cada programa o proyectos.

Si el objetivo de la verificación es determinar que la información en el sistema de monitoreo y la presentación de reportes es "adecuada", no será posible obtener cualquier valor fuera del sistema de verificación con relación al cumplimiento de la compañía de los requisitos legales que le sean aplicables.

Por ejemplo, aunque uno de los objetivos del MDL fue la contribución al desarrollo sostenible, la evaluación realizada en ese momento solamente funcionaba para la validación del proyecto, en consecuencia, una vez que el mismo era registrado e implementado, no había ninguna opción de hacer una declaración relativa a la contribución real del proyecto al desarrollo sostenible, así como ningún parámetro para evaluarlo este sentido, a menos que esta situación se haya considerado de forma voluntaria como parte del plan de monitoreo.

#### **VI.4 La aplicación de Protocolos MRV en el contexto de las PyME's en México**

Las medidas potenciales de aplicación de energía limpia de mayor impacto en el contexto de las pequeñas y medianas empresas en México, se refieren fundamentalmente a utilización de tecnologías eficientes, tanto a nivel de energía eléctrica, como de combustibles fósiles.

De manera particular, a la fecha de elaboración de esta guía no existe una experiencia previa de aplicación de los conceptos de metodologías MRV en el ámbito de las PyME's en México, por lo que en este documento se plantean lineamientos que se fundamentan en experiencias internacionales y en algunas –pocas desafortunadamente- implantadas en nuestro país.

Por lo anterior y como primer elemento referencial, debemos considerar las medidas de eficiencia energética y de aplicación de energías renovables que poseen mayor potencial de impacto energético, ambiental y económico; según lo mencionado en el documento “Eficiencia Energética en PyME's” en los módulos III y IV de este documento, las cuales se refieren a continuación:

#### **SISTEMAS ELECTRICOS**

##### **ILUMINACIÓN**

MEEI-1 Sustitución de equipos de iluminación en interiores

MEEI-2 Sustitución de equipos de iluminación en exteriores

##### **FUERZA**

MEEME-1 Sustitución de motores eléctricos estándar por alta eficiencia

MEEME-2 Aplicación de variadores de Frecuencia

##### **AIRE COMPRIMIDO**

MEEAC-1 Sustitución de compresor de aire ineficiente por un compresor de mayor eficiencia

MEEAC-2 Instalación de tanque pulmón para reducir los tiempos de operación del compresor de aire

##### **BOMBEO**

MEEB I.- Evaluación de la Medida de Sustitución de Bomba Actual por una Bomba de Mayor Eficiencia

#### AIRE ACONDICIONADO

MEEAA-1 Sustitución de equipos de aire acondicionado estándar por equipos de mayor eficiencia

#### REFRIGERACIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL

MEER-1 Sustitución de refrigeradores estándar por refrigeradores de mayor eficiencia

#### **SISTEMAS TERMICOS**

##### GENERACION Y DISTRIBUCION DE VAPOR

MEEST-1 Sustitución de Caldera

MEEST-2 Instalación de Aislamiento térmico en tuberías de conducción de vapor, fluidos térmicos y retorno de condensados

MEEST-3 Instalación de aislamiento térmico de tanques y recipientes calientes

MEEST-4 Instalación de un Sistema de Retorno de Condensados

##### COGENERACIÓN

MC-1 Generación de energía eléctrica mediante vapor

#### **SISTEMAS DE ENERGIA RENOVABLE**

MERS-1 Generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía solar

MERS-2 Calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar

La mayor experiencia internacional en materia de MRV para medidas de uso eficiente de la energía de este tipo, se encuentran en el manejo de contratos por desempeño, ejecutados fundamentalmente por empresas de servicios energéticos o ESCo's, las cuales deben establecer metodologías a través de las cuales pueda evaluarse y realizarse el seguimiento de los beneficios energéticos y económicos contratados, demostrando así el cumplimiento de las condiciones del contrato.

La medición, reporte y verificación (MRV) permite a las partes implicadas en un proyecto de eficiencia energética cuantificar, informar y verificar de una forma definida, ordenada, rigurosa y transparente, la reducción en el consumo de energía derivada de la aplicación de medidas específicas.

En el caso del Programa de Financiamiento de Proyectos de Energía Limpia (PEL's) que NAFIN está instrumentando, con base en su mercado meta: PyME's; se espera que la magnitud individual reducida de la inversión de los proyectos limite la posibilidad de que los mismos puedan ser instrumentados en el modelo de negocio ESCo, sin embargo, la necesidad de instrumentar procedimientos adecuados que permitan identificar y cuantificar de forma confiable las reducciones en el consumo de energía y, por lo tanto, de emisiones de gases efecto invernadero, establece la necesidad de proponer lineamientos que permitan instrumentar mecanismos MRV apropiados por su diseño y costo asociado al desarrollo de los proyectos que serán financiados.

Estas metodologías de evaluación y seguimiento son conocidas como Protocolos de Medición-Reporte-Verificación o simplemente Protocolos MRV. Hoy en día existen protocolos MRV aceptados internacionalmente que permiten definir una metodología adecuada a las necesidades de cada proyecto, mejorando de manera importante la gestión de los riesgos de inversión.

Con base en lo anterior, los protocolos que se mencionan en esta guía tienen el carácter de referencias o ejemplos, por lo que se pueden diseñar y adaptar metodologías propias, siempre y cuando consideren los aspectos básicos de rigurosidad requerida.

En el caso de los Estados Unidos, se han realizado diversos estudios y análisis que concluyen que los proyectos de eficiencia energética que han sido ejecutados siguiendo una rigurosa metodología MRV, han alcanzado niveles de reducción en el consumo de energía de entre un 20% y un 30%<sup>12</sup>, con respecto de aquellos otros que no las han contemplado.

Así mismo, se estima que el costo asociado a la implantación de una metodología rigurosa normalmente se estima alrededor de un 5% del correspondiente a la inversión total del proyecto. Esta inversión debe ser recuperada en un periodo razonable de tiempo gracias a la expectativa de beneficios energéticos y económicos derivados de la implantación del proyecto, a lo cual podríamos marcar como parámetro de "razonabilidad"

---

<sup>12</sup> FEMP Sample M&V Plans. "FEMP Sample M&V Plans for Super ESPC Projects" Draft. January 2001.

que dicho retorno de inversión traducido a una Tasa Interna de Rendimiento Financiero, sea por lo menos equivalente a la Tasa Mínima Atractiva fijada como política por parte de la empresa usuaria.

Todo lo anterior, partiendo de la condición “*sine qua non*” de que el proceso MRV cumpla con su cometido de proporcionar certeza de que los resultados e información aportados sean reales y verificables.

El presente módulo presenta un marco conceptual acerca de las acciones de medición, reporte y verificación de las expectativas de reducciones de consumo energético esperadas, resaltando su importancia en la implementación de proyectos de eficiencia energética.

Para lograr este fin, este módulo presenta en el siguiente capítulo VI.4 el planteamiento de solución acerca de: qué medir, cómo medirlo y cuando medirlo; utilizando como medio la definición de lo que es un plan de medición reporte y verificación, y que metodologías son las más aceptadas a nivel internacional.

## **VI.5 Reducciones en Consumos Energéticos: Medición, Reporte y Verificación**

### **VI.5.1 Importancia del Plan MRV**

La definición de un Plan MRV que permita la evaluación y el seguimiento de las reducciones en el consumo de energía debe ser considerando por cualquier participante en un PEL que desee comprobar la obtención de los beneficios energéticos y económicos que se esperan de su ejecución. Este plan tiene la función fundamental de determinar estos beneficios comparando el consumo energético antes después de la ejecución del proyecto.

En un PEL, los beneficios exactos se conocen *ex post*, por lo que se deben asumir los riesgos asociados con la incertidumbre de la obtención de los beneficios esperados.

El Plan MRV debe facilitar:

- ✓ Cuantificar los beneficios con base en una metodología y condicionantes acordados;
- ✓ Distribuir los riesgos entre las partes involucradas (cuando se trata de un proyecto tipo ESCo);
- ✓ Definir un mecanismo de acompañamiento al proceso de mejora energética implementado, así como los beneficios energéticos, ambientales y económicos alcanzados durante su vigencia;
- ✓ Mejorar el funcionamiento y condiciones de mantenimiento de los equipos considerados en el proyecto; y
- ✓ Informar y concientizar a los usuarios de las instalaciones sobre sus impactos en materia de demanda y consumo energético.

### **VI.5.2 Composición del Plan MRV**

La figura VI.1 presenta gráficamente el comportamiento del consumo energético en una etapa anterior a la aplicación de una medida de eficiencia energética, durante la su implantación y posterior a la misma.



Fig. VI.1 Variación en el Consumo Energético<sup>13</sup>

Las mediciones de la figura VI.1 en la etapa ex ante de la aplicación de la medida, muestran variaciones que pueden corresponder a cuestiones de carácter estacional, sin embargo en esta información no se presenta información que relaciones este punto con los consumos registrados.

De acuerdo a lo que la figura anterior ilustra, podría pensarse que la medida de eficiencia energética aplicada ha dado resultados en lo respectivo a reducir el consumo , sin embargo, no podría a partir de este gráfico definirse que parte corresponde a la medida y que otra podría ser resultado de otros factores como el estacional o una variación en las horas de funcionamiento de los equipos.

Como podemos observar en este ejemplo, se destaca un precepto básico en MRV que nos define que no es posible determinar una mejora energética exclusivamente mediante el cálculo de la diferencia entre el consumo medido *ex ante* y el *ex post* a la implantación de la medida energética, pues deben considerarse otros elementos que se presentan como parte de las condiciones de medición para cada etapa –*ex ante*, durante y *ex post*.

<sup>13</sup> Fuente: A best practice guide to measurement and verification energy savings – AEPKA.

**El Plan MRV en el contexto de una instalación en particular, tiene como principal objetivo identificar, cuantificar y contabilizar las variaciones en el consumo energético derivadas tanto de los elementos propios de la aplicación de la medida de mejora energética, como de los de carácter externo.**

El algoritmo básico de un Plan MRV es el siguiente:

$$\text{Beneficios Energéticos} = (\text{Energía consumida en la etapa ex ante}) - (\text{Energía consumida ex post}) + \text{ajustes por elementos externos}$$

Dónde:

- Etapa ex ante se refiere al consumo de energía medido en un periodo de tiempo definido y previo a la implantación de la medida.
- Etapa ex post se denomina a aquella que corresponde al consumo de energía medido en un periodo de tiempo definido y posterior a la implantación de la medida, considerando el tipo de mejora y tecnología aplicada.
- Ajustes por elementos externos se refiere a la consideración de situaciones de entorno y funcionamiento para ambas etapas.

A partir de lo anterior, se deberán calcular los beneficios energéticos de los proyectos considerando la ecuación anterior, lo cual se puede apreciar gráficamente como se muestra en la siguiente figura:

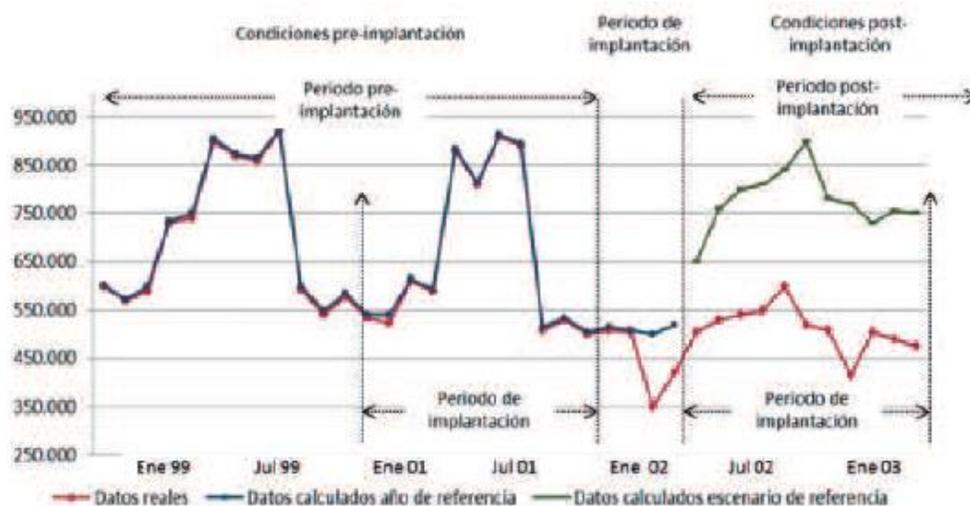


Fig. VI.2 Referencia de Cálculo de los Beneficios Energéticos<sup>14</sup>

En la figura anterior se muestra el ajuste realizado a los parámetros del escenario de referencia.

### VI.5.3 Contenido de un Plan MRV

El Plan MRV debe dar respuesta los siguientes cuestionamientos:

- ¿Qué actividades se deben desarrollar para la evaluación y seguimiento de los beneficios energéticos esperados?
- ¿Qué parte debe desempeñar cada una de éstas?
- ¿Cuándo deben ejecutarse?
- ¿Cómo se verificarán los beneficios energéticos?
- ¿Qué ajustes por elementos externos se deben considerar en los distintos eventos de medición?

Para lograr lo anterior, el Plan MRV debe contener los siguientes elementos, mismos que son explicados más adelante:

---

<sup>14</sup> Fuente: A best practice guide to measurement and verification energy savings – AEPCA.

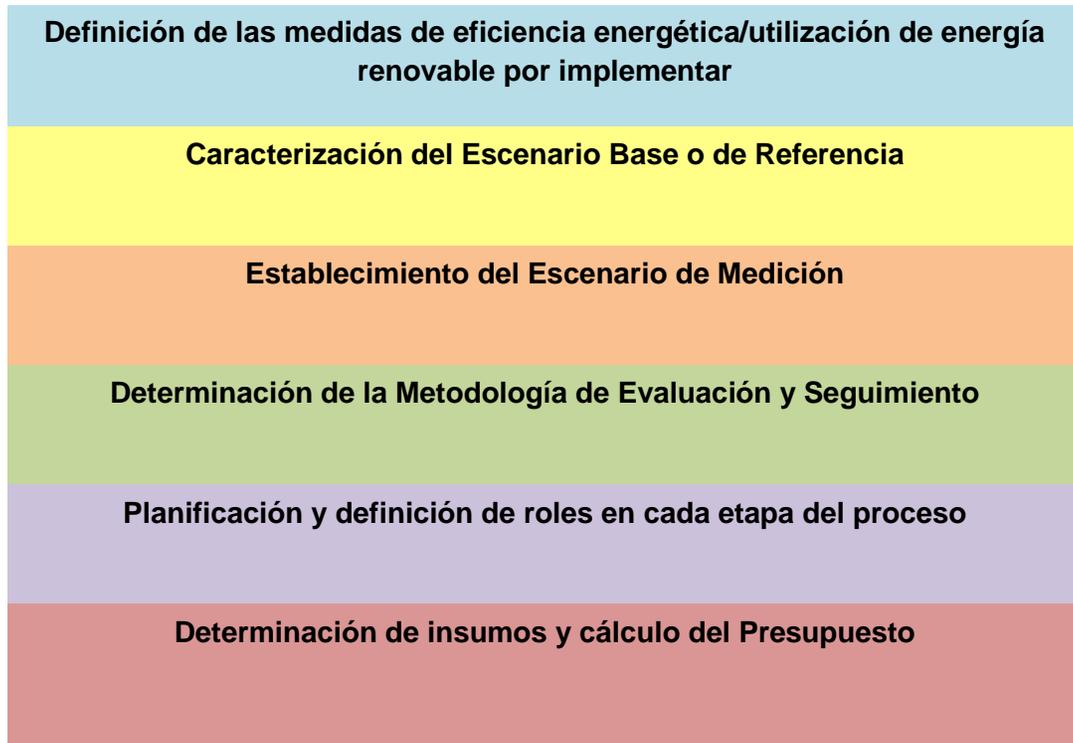


Fig. VI.3 Contenidos de un Plan MRV

### **Definición de las medidas de eficiencia energética/utilización de energía renovable por implementar**

La primera de las actividades que debe realizarse para la elaboración de un Plan MRV es la definición clara y precisa de las medidas de eficiencia energética que se instrumentarán, y para cada una de éstas se deberá considerar:

- a) Alcance
- b) Objetivo
- c) Características técnicas y energéticas
- d) Proveedor (equipos y servicios)
- e) Parámetros de funcionamiento, operación y mantenimiento (incluyendo normas energéticas, de fabricación, de equipos y sistemas, de seguridad industrial y de calidad de energía)
- f) Consideraciones específicas de construcción/instalación
- g) Cualquier otro tipo de información necesaria para la implantación de la medida

A continuación se deberán identificar los límites de medición para el análisis del impacto inherente a cada una de las medidas energéticas consideradas, de forma tal que se pueda delimitar el proceso de medición aislando la medida a evaluar, lo que permitirá reducir la cantidad de datos y los parámetros de ajuste a considerar. A esta práctica le podemos llamar *Sub-medición*.

Para ejemplificar lo anterior, consideremos la medida que implica el cambio de un equipo, en cuyo caso se pueden definir dos límites de medición:

- El del propio equipo que se va a cambiar (Sub-medición)
- La instalación del inmueble en su totalidad (Medición)

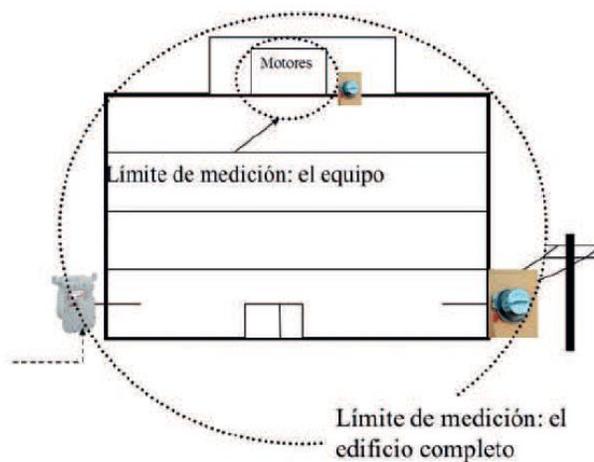


Fig. VI.4 Límites de medición en aplicación de medidas de eficiencia energética

Si comparamos para ambos casos las características de su instrumentación tendremos:

- Para la **Sub-medición** se limitará exclusivamente a la colección de los datos relativos al equipo sustituido, por lo que la evaluación se referirá tan sólo a la medida energética implantada, por lo que los cambios –si existieran– fuera de los límites de medición no afectarán la determinación de los beneficios energéticos y los ajustes resultarán más simples.
- Para la opción de **Medición**, en la que se contempla dentro del límite de medición todo el edificio, se presentará el registro de cualquier cambio (mejorando o empeorando, intencionado o no) en el inmueble para la determinación del cálculo de los beneficios energéticos esperados (reducción en demanda y/o en consumo). En consecuencia, esto se traduce en la utilización de equipos de medición de rangos más grandes (o mayor cantidad de equipos), mayor cantidad de datos registrados y casi necesariamente, la realización de mayores y más complejos ajustes, con lo que se incrementarán los costos y tiempos aplicados en esta fase del Plan MRV.

Por otro lado, se debe contemplar que la determinación de los límites de medición también se encuentra en función del tipo de medida de eficiencia energética a implementar y de su interacción con otros sistemas o equipos dentro de la instalación atendida, es decir, no se puede definir en una primera instancia que opción de medición – Sub-medición o completa- es la más apropiada para un determinado inmueble.

Con base en lo anterior, se considera que deben tomarse en cuenta tres límites de medición para la definición de esta fase del proceso MRV en todo proyecto:

**Límite del Sitio.-** El cual indica la localización o emplazamiento en la que se está implantando la medida de eficiencia energética. Normalmente se debe indicar el sector y, con esto, se establece el tipo de consumo energético, los equipos consumidores – (tecnología) y el comportamiento energético estimado a nivel de Uso Final.

**Límite de la Instalación.-** En el que se describe la instalación en que se está instrumentando la mejora energética, proveyendo la información relacionada al funcionamiento de los equipos consumidores de energía y las correspondientes interacciones a considerar.

**Límite de Medición.-** Que se refiere a la identificación de los parámetros que se deben considerar en los cálculos de los beneficios energéticos.

La siguiente figura describe de forma gráfica el proceso de evaluación de las medidas de eficiencia energética propuestas para su implantación.

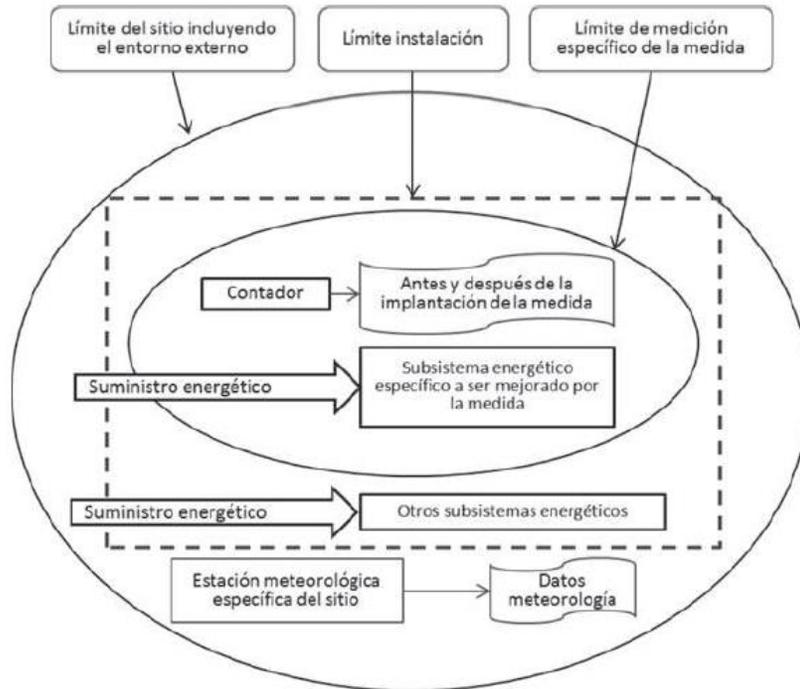


Fig. VI.5 Marco Conceptual de aplicación de un Plan MRV<sup>15</sup>

#### VI.5.4 Determinación de la línea Base o de Referencia

El Escenario o Línea Base o de Referencia se define como el periodo a partir del cual se deben determinar los beneficios energéticos que lleguen a alcanzarse con la implantación de las medidas, por lo que este representa una actividad de vital importancia para brindar la solidez necesaria a los cálculos posteriores, especialmente durante la etapa *ex post*.

En todo proyecto de eficiencia energética, un diagnóstico energético permite definir las condiciones reales energéticas del usuario y, a partir de esta información, realizar propuestas específicas de mejora apropiadas a las mismas.

En el caso de proyectos que se realizan en el contexto de contratos por desempeño, este diagnóstico se vislumbra aún más imprescindible, no tan sólo para definir las propuestas de mejora energética, sino también para delimitar la referencia (s) a partir de las cuales se

<sup>15</sup> Fuente: A best practice guide to measurement and verification of energy savings. AEP/CA

realizarán las acciones de evaluación y de seguimiento de los beneficios energéticos durante la vigencia del contrato.

De igual forma, cuando se trata de proyectos de eficiencia energética o de aplicación de energías renovables en un contexto de acciones de combate al cambio climático, en los cuales se busca casi como un requisito indispensable, cuantificar las reducciones de emisiones de gases efecto invernadero; este concepto resulta también fundamental para el correcto establecimiento del Plan MRV, cuya ejecución dará la pauta para el registro de estos datos de mitigación.

Con base en lo anterior, se debe asegurar que exista una adecuada definición del escenario de referencia, por lo que resulta necesario establecer la duración del periodo base considerando:

- El funcionamiento de las instalaciones: contemplando, hasta donde sea posible, los ciclos de consumo de energía del sistema o instalación considerados, es decir, se deberán atender los distintos turnos de operación, los comportamientos por estacionalidad, periodos de producción, etc.
- La disponibilidad de información y la confiabilidad de los mismos.

La decisión acerca de la duración de este periodo base es complicada y debe realizarse de manera particular para cada medida de mejora energética, sin embargo, se recomienda que el periodo de base o referencia, no sea mayor al último ciclo completo de consumo de energía, es decir, se debe considerar el periodo más corto posible para evitar mayores costos y pérdida de confiabilidad.

Para brindar rigurosidad a la metodología de cálculo, se deberán mantener las condiciones del escenario base en la etapa de medición, motivo por lo cual se deberán identificar y documentar a detalles tanto las condiciones de funcionamiento, como los datos energéticos requeridos para alcanzar la meta de caracterización de los factores que afectan el proceso de medición ante los futuros ajustes posibles.

Estos son los principales factores que se deberán considerar:

- Condiciones de Medición:
  - Equipos de medición por utilizar, definiendo su calibración y exactitud.
  - Determinación del punto de medición, así como la duración de cada evento por medida de mejora energética aplicada.
- Condiciones de Funcionamiento:
  - Periodo que defina un ciclo completo de consumo energético para dada medida.
  - Para cada periodo, definir la carga de ocupación (factor de carga), volumen de producción, definición de producto (s) y de materiales, temperaturas y humedades de referencia (especificaciones de producción), horario de turnos, programas ventas, etc.

- Aspectos meteorológicos de la instalación (temperatura y humedad ambiental, entre otros).
- Otros factores que puedan afectar la evaluación de las medidas de eficiencia energética.

Una vez que hayan sido identificados y caracterizados cada uno de los factores antes mencionados, deberán preverse los futuros cambios o variaciones<sup>16</sup> a que puedan estar sujetos cada uno de estos, es decir, se deberán definir los algoritmos o hipótesis que permitan ajustar las mediciones futuras, respecto de las que se presentaron en la situación del escenario base.

Es importante también considerar que tanto a nivel de los equipos consumidores de energía, como de los de medición, deberá planificarse un programa adecuado de mantenimiento, actualización tecnológica y calibración.

Por cuanto hace a las condiciones de funcionamiento, deberán tomarse en cuenta posibles cambios, como por ejemplo, los que se susciten en los niveles de producción de la instalación durante el horizonte de análisis fijado en el Plan MRV (para proyectos ejecutados en contratos por desempeño o tipo ESCo, durante el término del contrato).

### **VI.5.5 Escenario de Medición**

El escenario de medición se define como el periodo establecido para las actividades de evaluación y seguimiento de los beneficios esperados. Como se comentó en la sección precedente, el escenario de medición siempre debe ajustarse a las condiciones del escenario base.

Con base en lo anterior, los límites de medición deberán de mantenerse conforme con los parámetros establecidos inicialmente y se deberá tratar de mantener los equipos de medición utilizados durante la actividad de definición del escenario base. De no poder mantener los mismos equipos –situación frecuente si este trabajo fue realizado por una firma de consultoría externa a la empresa usuaria- se recomienda utilizar equipos semejantes o, por lo menos, adecuar los parámetros de calibración y exactitud de los equipos utilizados en la fase *ex post*, con objeto de evitar desviaciones de importancia.

El periodo de medición deberá ser fijado considerando las condiciones de funcionamiento y la complejidad de las medidas de eficiencia energética por implementar, por lo que, al ser definida la metodología de MRV, se tendrá que definir el periodo necesario para la obtención de información confiable y representativa, pero tratando de minimizar los costos asociados.

---

<sup>16</sup> Se entenderán como cambios o variaciones, cualquier modificación respecto al escenario base o de referencia, ya sea en un equipos o parámetro durante el periodo de medición.

De igual forma, deberá determinarse el formato del seguimiento de los beneficios energéticos estimados a lo largo del horizonte deseado de verificación (por ejemplo, el plazo contractual en proyectos tipo ESCo), es decir, existen medidas energética que, por sus condiciones, deberían ser monitoreadas permanentemente, mientras que otras, con una sola medición inicial o un periodo más corto, pueden considerarse como adecuadas para este objetivo.

### VI.5.6 Metodologías MRV

Las metodologías MRV no son un concepto del todo novedoso a nivel internacional y en muchos casos, sin denominarse de esta forma, han sido utilizadas para verificar principalmente características de funcionamiento de servicios y para evaluar sus resultados.

La descripción mostrada en la siguiente figura VI.6 acerca de la evolución de Protocolos y Guías de MRV, fueron adaptadas a partir del Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño desarrollado por la Efficiency Valuation Organization (EVO), en su versión de Marzo del 2002, de las Guías de M&V de FEMP, en su Versión 2.2 y del Paquete de Herramientas para Instrucción del Pacific Northwest National Laboratory<sup>17</sup>.

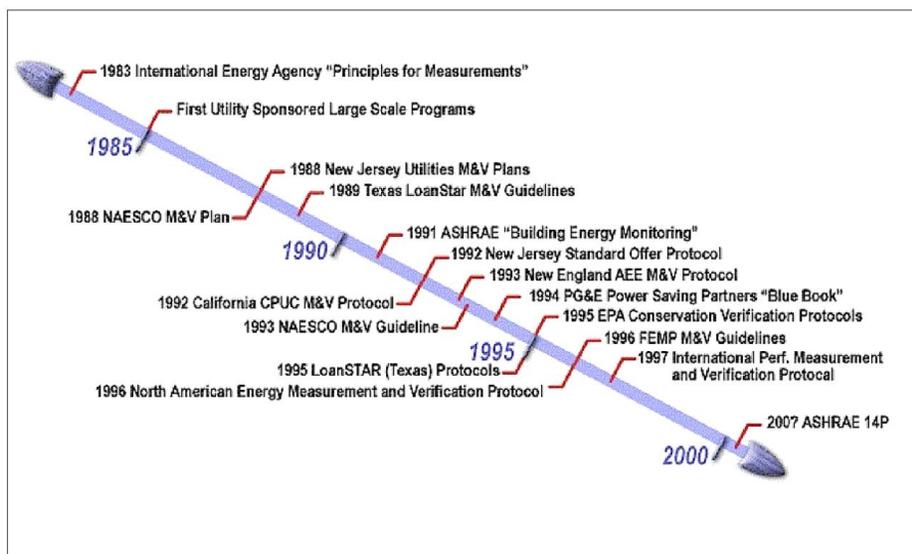


Fig.

Evolución del desarrollo y publicación de metodologías MRV<sup>18</sup>

VI.6

<sup>17</sup>

(<http://www.eec.org.au/UserFiles/File/docs/Best%20practice%20guide%20to%20measurement%20and%20verification.pdf>).

<sup>18</sup> Fuente: A best practice guide to measurement and verification of energy savings. AEP/CA

Todo Plan MRV debe incluir la descripción de la metodología de cálculo que se utilizará para verificar los beneficios energéticos alcanzados, mencionando los siguientes puntos y contemplando que, en forma general, existen dos enfoques de cálculo de los beneficios energéticos:

- Mediante la evaluación de las reducciones en el consumo de energía global de la instalación.
- Mediante la evaluación de las reducciones en el consumo de energía exclusivamente en el sistema o uso final de la medida de eficiencia energética aplicada.

De acuerdo con esta clasificación, se debe contemplar que, si se considera el consumo total de energía en la instalación, deberá seleccionarse un método de verificación aplicable con este alcance; mientras que si lo que se plantea es la evaluación de una medida en particular, la selección de metodología deberá ser con base en un método de MRV aislado para la misma.

En el apartado VI.5 de la presente guía, se presentan los aspectos clave que deben ser considerados en una metodología MRV, considerando las tres principales existentes a nivel internacional, aunque se debe mencionar que esta selección corresponde al establecimiento de un marco teórico que no excluye la posibilidad del uso de otras metodologías existentes en los mercados globales o mecanismos *ad hoc* desarrollados por los propios usuarios.

Todas estas metodologías permiten definir de una forma estructurada, rigurosa y transparente, los cálculos que deberán realizarse para la determinación de los beneficios energéticos alcanzados.

#### **VI.5.7 Características de los datos a evaluar para cada medida de eficiencia energética**

Para cada uno de los datos que se obtengan, se deberá especificar su fuente, indicando si se obtuvieron a partir de una medición directa (identificar equipos), o de una estimación o de la aplicación de un modelo matemático (en estos casos incluir hipótesis y fuentes empleados).

Los datos por obtener pueden ser de la siguiente forma:

- Constantes: que corresponden a parámetros físicos que no varían durante el periodo de evaluación.

- Variables Independientes: que se refieren a parámetros que pueden cambiar con cierta regularidad durante el periodo de evaluación ex post y que tienen un impacto medible en el consumo de energía del uso final, sistema o instalación analizada (ej. Volumen de producción de una línea, temperatura externa y horas de operación, entre otras).
- Parámetros estáticos: que se derivan de las condiciones de un establecimiento que afecta el consumo energético dentro del límite de medición establecido, pero que no se aplican como base de los ajustes programados. Estos pueden incluir características del entorno de operaciones y mantenimiento de los sistemas y pueden ser constantes o variables (ej. Áreas y espacios con sistemas de calefacción, las características de envolvente de un edificio y su utilización estacional).

#### **VI.5.8 Definición de la muestra a evaluar de los sistemas energéticos considerando las mediciones que se realizarán**

Cuando las mejoras energéticas a evaluar contemplan una cantidad importante de puntos de medición, resulta recomendable realizar las mediciones a partir de una muestra representativa, con lo cual se puedan abatir los costos asociados a este proceso, ya sea midiendo solamente una parte del tiempo, una parte de las medidas, una parte de los puntos de medición o una parte de parte o todas las alternativas mencionadas.

La determinación del tamaño de la muestra depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Dimensión de la variabilidad entre las medidas registradas
- Tamaño de la variabilidad aceptable, es decir, en que punto se define como adecuada la relación entre los costos y la precisión esperada de los resultados.

Este procedimiento se debe basar en un análisis de inferencia estadística, el cual debe proporcionar representatividad y confiabilidad a los valores utilizados para la determinación del cálculo de los beneficios energéticos. Las metodologías mencionadas en el apartado VI.5 presentan las herramientas estadísticas recomendadas para el desarrollo de este procedimiento.

En todo proyecto deberá ser definido el tamaño de muestra adecuado de acuerdo a un procedimiento de inferencia estadísticas y justificando su determinación.

#### **VI.5.9 Descripción de los procedimientos, ecuaciones e hipótesis utilizados para la medición**

El Plan MRV debe contemplar el procedimiento específico de evaluación de los datos, los algoritmos de cálculo empleados y las bases y supuestos que se utilizarán en cada cálculo.

De igual forma, este plan debe describir todos los elementos utilizados en modelos estadísticos, así como el rango de las variables independientes en las que los modelos son válidos.

Siguiendo lo establecido en el IPMVP de la EVO, que establece las siguientes cuatro opciones o métodos de cálculo<sup>19</sup>:

- Opción A: análisis parcial aislando una medida de eficiencia energética.
- Opción B: análisis aislando una medida de eficiencia energética.
- Opción C: análisis de una instalación completa.
- Opción D: simulación calibrada

De acuerdo con las opciones antes mencionadas, para el caso particular de la Opción A Análisis Parcial Aislado, se deberán:

- a) Justificar las estimaciones, documentando los valores utilizados en todos los parámetros que se estimen, indicando su fuente.
- b) Indicar las inspecciones periódicas que se realizarán en el periodo de medición, con el objeto de verificar que los equipos siguen en operación.

En el caso de la Opción D, se deberá considerar también:

- El software utilizado.
- Identificación de los datos de entrada (inputs) y de salida (outputs) del programa de simulación empleado.
- En cuanto a las entradas, se deberán diferenciar los parámetros obtenidos de un proceso de medición, de los que han sido estimados.
- Respecto de los datos de entrada, se deberán diferenciar claramente cuando los mismos provengan de una medición, de los que hayan sido estimados.
- Se deberán incluir los datos energéticos y operativos utilizados para la calibración de los equipos de medición e indicar la precisión de los resultados.
- Se deberán especificar los precios de la energía y, si es el caso, procedimientos de ajuste a futuro.
- En todos los casos, la expectativa de beneficios energéticos se deberá referir a variaciones (reducciones de demanda y consumo) energéticas, nunca a económicas.

#### **VI.5.10 Exactitud esperada en la medición, colección y análisis de los datos**

Se deberá incluir la evaluación de la precisión esperada con la medición, es decir, en la toma de datos, el muestro y el análisis de los mismos. De igual forma, se deberán registrar las valoraciones cualitativas y cuantitativas factibles con su respectivo nivel de

---

<sup>19</sup> En el apartado VI.5 se detallan los alcances de cada opción de medición.

incertidumbre al momento de las mediciones y los ajustes que se pretenden utilizar para el cálculo de los beneficios energéticos.

Para el efecto de los datos obtenidos y su valoración, se considerará el concepto de exactitud se definirá como la cantidad que indica la desviación del valor registrado, respecto del valor objetivo, y se expresa como “+/-“ error.

En este sentido, toda información que se refiera a la exactitud de un valor, deberá incluir un nivel y un intervalo de confianza.

En todos los protocolos MRV existentes en la actualidad en el mercado, se tiene particular atención en el tema del tratamiento estadístico de los datos para evitar errores en los cálculos.

#### **VI.5.11 Documentación y datos disponibles por terceras partes para verificar los beneficios energéticos**

Se deberán documentar todos los datos obtenidos por terceras partes, especificando su origen y las referencias necesarias para dar confiabilidad a la información considerada en los cálculos de los beneficios energéticos.

Si estos datos provenientes de terceros son parte importante de alguno de los cálculos, es recomendable verificarlos con alguna medición.

#### **VI.5.12 Consideraciones de ajustes en el Escenario Base**

La complejidad de la realización de ajustes dependerá de los requerimientos en la precisión de las mediciones, la propia complejidad de los factores que condicionan el consumo de energía y la cantidad de equipos consumidores de energía considerados dentro del límite de medición.

En términos generales, los presupuestos de los planes de evaluación de beneficios energéticos, definirán que tan simple o complejo será el ajuste.

Mediante los ajustes a las mediciones se pueden explicar situaciones tales como:

- Cambios en las variables independientes dentro de los límites de medición (ajustes de rutina: variaciones en condiciones meteorológicas o en el nivel de producción).

- Cambios en los parámetros estáticos dentro de los límites de medición, a partir del periodo de referencia (ajustes no rutinarios: modificaciones en el número y/o duración de los turnos de operación o en el tipo de producto terminado).

### **VI.5.13 Contenido de los informes periódicos de resultados de beneficios energéticos analizados**

Estos informes deberán incluir por lo menos:

- Descripción del proyecto o medida de mejora energética
- Parámetros medidos
- Beneficios energéticos alcanzados
- Comparación con el Escenario Base

En la definición del Plan MRV se deberán adjuntar informes que consideren un patrón fijo a lo largo del periodo de medición establecido.

Estos informes deberán cubrir por lo menos los siguientes dos objetivos:

- a) En materia de evaluación.- Presentar los resultados obtenidos –ex post- a partir de la implantación de medidas de eficiencia energética y su análisis comparativo con las metas energéticas establecidas en su planeación –ex ante.
- b) En materia de seguimiento.- Ofrecer un monitoreo del proyecto, identificando los datos de funcionamiento y el cumplimiento con las metas parciales y globales establecidas en cada etapa. Esto permitirá que las partes involucradas puedan verificar los resultados, identificar posibles desviaciones y diseñar las medidas correctivas que apliquen.

### **VI.5.14 Planeación y definición de roles en cada etapa del proceso**

Todo Plan MRV debe ir de la mano de una instancia de planeación que permita delimitar el momento en que se realizarán cada una de las acciones consideradas, asignando de forma clara la descripción de los roles que cada ente involucrado en un proyecto tendrá, definiendo a la persona (s) responsable (s) de cada paso de la metodología.

Para mayor referencia se recomienda consultar el Capítulo 3, página 28 del documento “A best practice guide to measurement and verification of energy savings” de la AEPCA<sup>20</sup>.

---

20

<http://www.eec.org.au/UserFiles/File/docs/Best%20practice%20guide%20to%20measurement%20and%20verification.pdf>.

### VI.5.15 Presupuesto y dimensionamiento de recursos necesarios para la implantación de un Plan MRV

El Plan MRV debe ser definido durante la etapa de evaluación de viabilidad del proyecto. En el momento de la determinación de los beneficios estimados a partir de la aplicación de una medida de eficiencia energética, se dispone de suficiente información para establecer los requisitos para las actividades de medición y verificación. Una medida de mejora energética no debiera implantarse hasta que no se haya determinado que existe una forma viable y práctica de medir y verificar los resultados de los beneficios energéticos esperados.

Uno de los principales objetivos del Plan MRV es diseñar una metodología que no resulte en un incremento significativo de los costos asociados, proporcionando la máxima confiabilidad a los beneficios reportados.

Los principales factores que afectan el costo de desarrollo de un Plan MRV son los siguientes:

- Calidad de medición.
- Número de variables independientes a ser monitoreadas.
- Frecuencia de medición y elaboración de informes.
- Longitud del periodo de referencia y de los periodos de demostración de los beneficios energéticos alcanzados.
- Tamaño de la muestra, cuando no todos los equipos se medirán.
- Otros usos para la información obtenida, con objeto de distribuir costos.

En casi todas las ocasiones, el volumen de los beneficios energéticos estimados, son los que definen los límites de los costos máximos de los planes MRV, sin embargo, pueden existir otros factores que afectan el límite de los costos, como puede ser la propia complejidad de la medida de eficiencia energética implantada.

La siguiente figura presenta la relación entre el valor del proceso de MRV, con respecto de la complejidad del proceso (medida de mejora energética).



Fig. VI.7 Costos de Evaluación de Beneficios Energéticos contra Complejidad del Proceso de Definición<sup>21</sup>

Por lo que se refiere al grado de confiabilidad, el nivel aceptable de incertidumbre en un cálculo de beneficios energéticos se establecerá en función del valor de la expectativa de obtención de los mismos y de la rentabilidad de la disminución de la incertidumbre en el tiempo, esfuerzo y costo asociados.

En términos generales, el costo de un Plan MRV puede establecerse entre el 3% y el 5% de la inversión total del proyecto. Cuando este costo resulta superior al 10%, se considerará excesivo<sup>22</sup>.

En la mayoría de los casos, los costos inherentes a la opción A de la metodología MRV del IPMVP de la EVO –análisis parcial aislado- pueden resultar inferiores al de otras opciones, sin embargo, en algunos otros realizar se puede presentar que realizar una buena estimación, resulte más costoso que hacer una medición directa.

Cuando se realiza el presupuesto de un Plan MRV en una opción A deben ser consideradas todas las variables: análisis, estimaciones, instalación de equipos de medición, lectura, registro y transmisión remota de datos.

Casi siempre en el caso de la opción B –análisis total aislado- el procedimiento resulta más complicado y costoso que en el caso de la opción A, no obstante, los resultados obtenidos son más precisos, especialmente cuando las demanda y/o los consumos energéticos son variables.

En el caso de la opción C – análisis de una instalación completa- el costo depende fundamentalmente de la fuente originaria de los datos y de la dificultad de obtención de las variables estáticas dentro del límite de medición, especialmente para poder realizar los ajustes no rutinarios durante la etapa de medición.

Por cuanto hace a la opción D – simulación calibrada – los costos dependerán de la complejidad del programa de simulación, aunque en muchas ocasiones este costo puede resultar menor al evento de medición de todos los parámetros de medición.

En el Plan MRV se deberá definir con toda claridad el presupuesto y demás recursos necesarios para la determinación de los beneficios energéticos derivados de la

---

<sup>21</sup> Fuente: Formación CMPV-EVO

<sup>22</sup> Capítulo 7, página 49 del documento “A best practice guide to measurement and verification o energy savings” de la AEPCA.

implantación del proyecto, incluyendo tanto los de implementación del protocolo, como los ejercidos durante la operación (seguimiento).

## **VI.6 Metodologías para la evaluación y el seguimiento de los beneficios energéticos**

A pesar de importante experiencia internacional en materia de proyectos ejecutados bajo contratación por desempeño, o proyectos ESCo, hoy en día sigue siendo las experiencias norteamericana y canadiense las referentes en esta actividad de negocios.

Las metodologías que han sido consideradas en esta guía provienen de estos países de Norteamérica debido a las siguientes razones:

- En Europa no se ha definido aún un protocolo ni existe una normatividad que establezca una metodología mediante la cual se definan y calculen los beneficios energéticos.
- Las metodologías desarrolladas en Canadá y los Estados Unidos se consideran referente a nivel internacional.

Estos países han generado una serie de herramientas y guías basadas en una ya larga y probada experiencia; destacando la realización de un proceso de desarrollo y mejora continua de los sistemas de evaluación y monitoreo de los beneficios energéticos alcanzados en su aplicación.

En este apartado se presentarán las características más relevantes de las principales metodologías de medición y verificación existentes a nivel internacional con el objetivo de generar directrices acerca de los contenidos y aspectos clave contenidos en cada una de éstas.

A continuación se describen las metodologías de mayor aplicación.

### **VI.6.1 Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño (IPMVP)**

El IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) ha sido desarrollado por la Organización para la Evaluación de la Energía –EVO- (Efficiency Valuation Organization), como un documento de orientación que proporciona un marco conceptual para medir, calcular y reportar beneficios energéticos alcanzados en proyectos de eficiencia energética.

Esta metodología define términos clave y presenta elementos que deben ser considerados en la elaboración de un Plan MRV, aunque no proporciona detalles de las medidas o tecnologías específicas.

El IPMVP ha sido desarrollado mediante un esfuerzo conjunto entre la industria, el gobierno, el sector financiero y organizaciones especializadas norteamericanas.

Esta metodología se basa en la comparación entre el escenario base –ex ante- y la situación que se presenta después –ex post- de la implantación de la medida de eficiencia energética (ver figura VI.8).

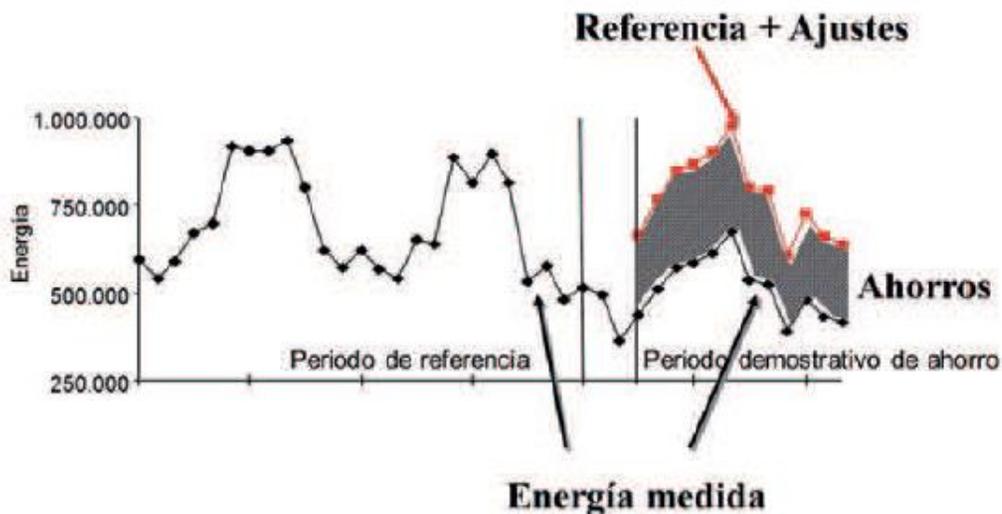


Fig. VI.8 Referencia para el cálculo de los beneficios energéticos<sup>23</sup>

El IPMVP define cuatro opciones de cálculo para la medición y verificación de los beneficios energéticos, lo cual, desde un punto de vista general, se refiere a la elección del escenario de referencia o de base acordado antes de la implantación de la medida de eficiencia energética, de allí la importancia trascendental de este primer paso en el diseño del Plan MRV en el contexto de esta metodología.

Las cuatro opciones de cálculo que propone el IPMVP son:

- Opción A: análisis parcial aislando una medida de eficiencia energética.
- Opción B: análisis aislando una medida de eficiencia energética
- Opción C: análisis de una instalación completa
- Opción D: simulación calibrada

A continuación se presenta una breve descripción cada opción de cálculo<sup>24</sup>:

<sup>23</sup> Fuente: Formación CMPV-EVO

<sup>24</sup> Para mayor referencia consultar anexo VI.1 International Performance Measurement and Verification Protocol.

## Opción A

- Análisis aislado de la medida de eficiencia energética.
- Medición de parámetros clave en el cálculo de la reducción de consumo y estimación del resto.
- En términos generales, su aplicación se basa en medidas de sustitución de equipos en los que se varía alguno de los parámetros clave (por ejemplo la potencia), considerando que no existe ningún otro cambio de funcionamiento y que no se presenta interacción con ningún otro insumo.

### Características de implementación:

- i. Decisión de los parámetros que se desean medir y de los que se desean estimar.
- ii. Los parámetros medibles se seleccionan en función de los objetivos de la medida de eficiencia energética y de su importancia en la determinación del rendimiento de la mejora implementada.
- iii. Las estimaciones podrán ser utilizadas únicamente cuando se a factible demostrar que el error de la suma de todas las estimaciones consideradas, no afectan de manera significativa al total de los beneficios cuantificados. Las estimaciones se pueden aplicar a partir de datos históricos (horas de operación, especificaciones de diseño, pruebas de laboratorio o datos climatológicos).

## Opción B

- Análisis aislado de la medida de eficiencia energética.
- Medición de todos los parámetros, dentro del límite de medición, necesarios para el cálculo de la reducción de consumo.
- En términos generales, su aplicación se basa en medidas de sustitución de equipos en los que se haya definido el límite de medición alrededor del equipo a analizar.

### Características de implementación:

- i. Medición de todos los parámetros necesarios para el cálculo de los beneficios energéticos alcanzados.
- ii. La mayoría de las veces, los beneficios energéticos generados por las medidas eficientes puede ser determinado mediante esta opción, sin embargo, en tanto que la complejidad de la medida de mejora energética sea mayor, los costos asociados se incrementarán y podrán hacerla inviable.
- iii. Aunque resulta más complicada que la opción A, la B aporta resultados más precisos cuando la demanda y consumo energético son variables.
- iv. Como resultado de que en esta opción se analizan todos los parámetros para la determinación de los beneficios energéticos, no es necesario realizar ajustes.

Las opciones A y B corresponden a actividades de Sub-medición.

### Opción C

- Análisis de la instalación completa.
- Medición continua de todos los parámetros dentro del límite de medición, necesarios para obtener el beneficio energético obtenido.
- Generalmente se aplica en casos en los que se implanten distintas medidas de eficiencia energética interrelacionadas entre sí.

#### Características de implementación:

- i. Implica la utilización de los equipos de medición de las empresas suministradoras de energía (electricidad y gas, más frecuentemente), de equipos que midan toda la instalación o de diversos equipos que midan parcialmente.
- ii. En esta opción, el límite de medición coincide con el límite de la instalación.
- iii. Esta opción se plantea cuando se presentan proyectos en los que los beneficios energéticos esperados sean superiores a las variaciones del consumo y cuando no se tenga explicación de dichos beneficios y éstos se presenten dentro de la instalación.
- iv. En la opción C los ajustes rutinarios se calculan mediante modelos matemáticos que se adecuan a los patrones de registro de consumo de cada uno de los equipos de medición.
- v. El costo de esta opción está en función de la fuente de información y de la dificultad para obtener las variables estáticas dentro del límite de medición, para estar condiciones de realizar los ajustes no rutinarios durante el periodo de medición.

### Opción D

- Simulación calibrada.
- Programas de simulación para predecir el consumo energético y/o el consumo del escenario base.
- Generalmente se aplica cuando no existen o no están disponibles, los datos del escenario de referencia.
- También se emplea cuando el consumo energético del escenario de medición se encuentra afectado por factores que son difíciles de cuantificar y generan dificultad para su adecuada visualización.
- También se utiliza en caso de que las opciones anteriores (A, B y C) sean demasiado complejas y/o costosas.

#### Características de implementación

- i. La opción D implica el uso de programas de simulación por computadora que permitan predecir el consumo energético del equipo, sistema o instalación tanto en la fase ex ante, como ex post la implantación de la mejora energética.
- ii. Esta opción puede ser utilizada para analizar el rendimiento de cualquier medida de eficiencia energética en una instalación de una forma parecida a la de la opción C, pero en esta caso mediante la utilización de un programa de simulación para

- estimar el beneficio energético derivado de la mejora de una instalación, como suma de diferentes medidas implantadas.
- iii. De igual forma, la opción D puede servir para el análisis del rendimiento de sistemas independientes, de forma parecida a como se realiza en las opciones A y B.

Un vez descritas las cuatro opciones definidas en el IPMVP, debe mencionarse que la opción a seleccionar en cada proyecto, debe corresponde a un alcance apropiado a la complejidad de las medidas a evaluar, así como a la confiabilidad requerida y, desde luego, a un nivel adecuado de costos asociados al diseño e implantación del Plan MRV.

En términos generales, si se atiende al consumo total de energía, se recomienda seleccionar un método de verificación aplicable a toda la instalación.

Sin embargo, si lo se quiere evaluar es el impacto de una medida de eficiencia energética en particular, se seleccionará un método de verificación aislada de la medida de mejora.

Finalmente y a manera de orientación, en la siguiente figura se muestra un diagrama de flujo, mediante el cual se presentan de forman gráfica los pasos a seguir con el objetivo de facilitar la selección de la opción a escoger en cada caso<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> El texto completo del protocolo puede adquirirse registrándose en [www.evo-world.org](http://www.evo-world.org)

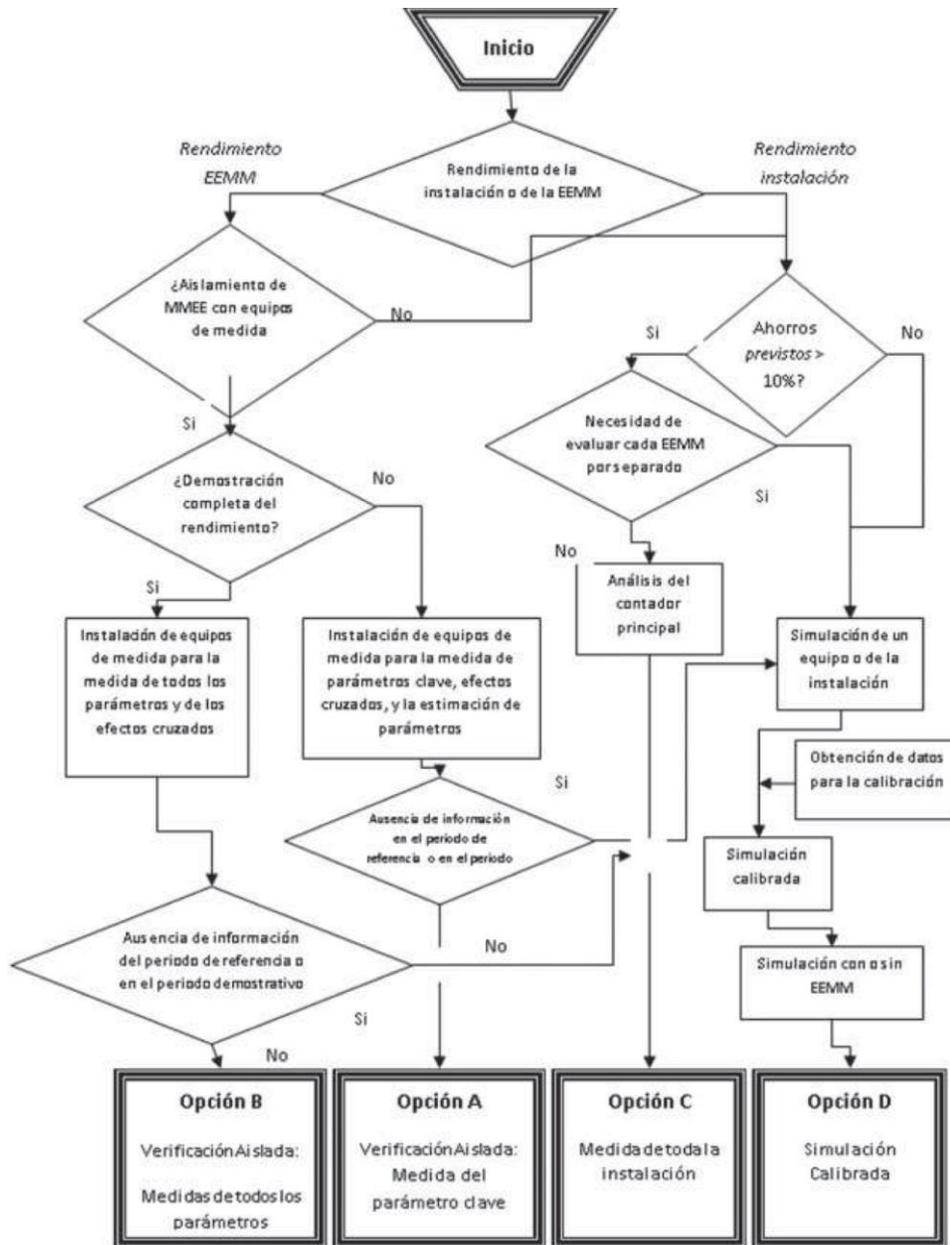


Fig. 10 Proceso de selección de la opción de medición de la metodología IPMVP<sup>26</sup>.

<sup>26</sup> Fuente: Protocolo Internacional de Medida y Verificación. Volumen 1 – Evo - Septiembre 2009

### **VI.6.2 Programa Federal de Gestión Energética (FEMP)**

El Programa Federal de Gestión Energética (Federal Energy Management Program-FEMP) tiene publicadas las “M&V Guidelines: Measurement and Verification for Federal Energy Projects” (Directrices para Medida y Verificación: Medición y Verificación para proyectos energéticos federales).

Las directrices para M&V del FEMP contienen procedimientos específicos para la aplicación de conceptos descritos en el IPMVP, es decir, representan una aplicación específica del IPMVP para proyectos en edificios federales.

Con base en lo anterior, mencionamos esta metodología como elemento técnico de referencia, pero para los efectos de esta guía orientada a proyectos de energía limpia en PyME's, no consideramos ampliar el desarrollo de su contenido y alcances.

A continuación mencionamos la liga para acceder al documento completo:

[http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/mv\\_guidelines.pdf](http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/mv_guidelines.pdf).

### **VI.6.3 Metodologías ASHRAE**

La American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Climatización) tiene publicada la Directriz 14-2002 Medición de Ahorros en Energía y Demanda - Guideline 14-2002 Measurement of Energy and Demand Savings (Directiva 14-2002)<sup>27</sup>. La publicación proporciona detalles complementarios al IPMVP, aportando detalles técnicos sobre muchos de los conceptos del IPMVP.

Esta directiva es una referencia para el cálculo de ahorros en demanda y energía asociados a contratos de servicios energéticos con la implantación de medidas de eficiencia energética, sin embargo, sus procedimientos pueden ser aplicados en proyectos ejecutados en formatos tradicionales, especialmente en los que se requiera contabilizar la reducción de gases efecto invernadero asociados a la reducción en el consumo de energía eléctrica.

Establece lineamientos sobre la instrumentación a utilizar, así como la gestión de los datos disponibles. También describe metodologías para analizar y contabilizar la incertidumbre asociada a los modelos y mediciones desarrollados.

---

<sup>27</sup>[http://gaia.lbl.gov/people/ryin/public/Ashrae\\_guideline14-2002\\_Measurement%20of%20Energy%20and%20Demand%20Saving%20.pdf](http://gaia.lbl.gov/people/ryin/public/Ashrae_guideline14-2002_Measurement%20of%20Energy%20and%20Demand%20Saving%20.pdf)

En el caso del desarrollo de un Plan MRV a través de la opción D, puede encontrarse información sobre distintos modelos de simulación de edificios en el Capítulo 32 del Manual ASHRAE (2005) y en el Capítulo 6.3 de la directiva de ASHRAE (2002).

Aunque pueden utilizarse otros programas de simulación, el United States Department of Energy DOE (Departamento de Energía de los EE.UU.), publica un listado actualizado de los programas informáticos públicos y privados que se utilizan para la simulación energética de edificios.

También se puede utilizar el procedimiento simplificado de análisis energético de la ASHRAE si las pérdidas y ganancias de calor, cargas internas y sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, son simples.

Así mismo, ASHRAE ofrece modelos para el cálculo a nivel industrial de componentes de HVAC en su HVAC02 Toolkit (Brandemuehl, 1993) y para calderas y enfriadores en el HVAC01 Toolkit (Bourdouxhe 1994<sup>a</sup>, 1994b, 1995).

## **VI.7 Tecnologías y herramientas de medición y cuantificación de los beneficios energéticos**

### **VI.7.1 Equipos de Medición**

Para la selección de equipos de medición adecuados al proyecto por analizar, se propone que los mismos posean los siguientes atributos:

- Se dimensionen de acuerdo al rango de las mediciones a realizar.
- Permitan la repetitividad.
- Aporten confiabilidad y capacidad de autodiagnóstico.
- Tengan velocidad de respuesta y facilidad de calibración.
- Permitan el envío de datos por diferentes formas de comunicación como: conexión inalámbrica y/o bluetooth.

Los equipos de medición tienen que ser calibrados según las recomendaciones del fabricante y según los procedimientos fijados por la legislación vigente sobre medición. Siempre que sea posible, hay que utilizar un estándar de primer orden y equipos de calibración con precisión no inferior a un estándar de tercer grado<sup>28</sup>.

Los equipos de medida y los sensores se tienen que seleccionar por su facilidad de calibración y capacidad para mantener estable dicha calibración. Una buena opción es seleccionar equipos que se puedan auto-calibrar.

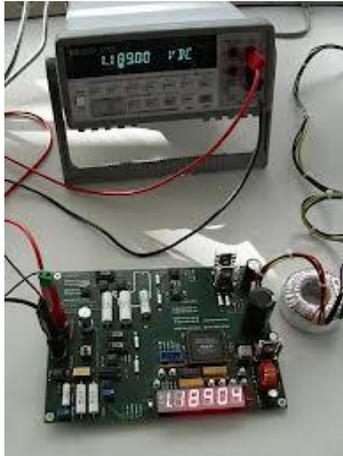
Finalmente debe considerarse la posibilidad de compartir el costo de los equipos contadores utilizados con otros propósitos, como por ejemplo:

- Procesos de control, optimización o envío de alertas.
- Subcontratación de inquilinos.
- Asignación de costos de responsabilidad por departamentos.
- Confirmación de las facturas de la ESCo (si es el caso).

Existen diferentes tipos de equipos de medición, entre los que destacan los contadores eléctricos, contadores de energía térmica, medidores de caudal, sensores de humedad, sensores de temperatura, etc.

---

<sup>28</sup> Ver anexo V-6 “Consideraciones Técnicas de la Medición en el Diagnóstico Energético”, Capítulo III.3.2 “Calibración de los Instrumentos de Medición”



En el protocolo de la ASHRAE<sup>29</sup> se presentan en detalle las características de los principales equipos de medición así como su adecuación a cada tipo de medida de mejora. También incluye información sobre su proceso de calibración.

### **VI.7.2 Precisión de los Equipos de Medición**

Con la finalidad de que un Plan MRV tenga una implementación exitosa, los equipos de medición deben cumplir con los requerimientos de precisión mínimos establecidos y ser calibrados de acuerdo a ellos.

Para esto se recomienda seguir los lineamientos que se mencionan a continuación:

- En caso de que la precisión de cualquier instrumento sea menor que la especificada, las mediciones podrían no ser adecuadas, ya que se podrían presentar niveles inaceptables de error en los cálculos.
- Por otro lado, los equipos de medición utilizados tanto en el escenario base, como en el de medición, deben cumplir los mismos requerimientos de precisión.
- Se recomienda el uso del mismo equipo exactamente o, por lo menos, un equipo de las mismas características calibrado de acuerdo a lo establecido en el escenario base.
- Los requerimientos de precisión de la instrumentación se deben diseñar para asegurar que las mediciones y sus costos asociados sean razonables.
- Si la precisión, más allá de la que ofrece el equipo contador es importante, se recomienda usar dos contadores en cascada: aguas arriba y aguas abajo del elemento a medir.
- De igual forma, debe controlarse la pérdida de precisión por «truncado» de los datos en comunicaciones o traducciones del software.
- Es importante tener cuenta que las inexactitudes introducidas por la instrumentación, serán una de las fuentes de incertidumbre de los beneficios energéticos calculados.
- El Plan MRV debe recoger las especificaciones reales y la precisión de las mediciones de cualquier equipamiento utilizado.

### **VI.8 Propuesta de Metodología para la elaboración de Planes MRV para Proyectos de Energía Limpia en PyME's**

Uno de los retos fundamentales para la estructuración de planes MRV acordes a las características de proyectos que contemplen la aplicación de medidas de eficiencia energética y uso de energías renovables en el ámbito de las empresas pequeñas y

---

<sup>29</sup> [http://gaia.lbl.gov/people/ryin/public/Ashrae\\_guideline14-2002\\_Measurement%20of%20Energy%20and%20Demand%20Saving%20.pdf](http://gaia.lbl.gov/people/ryin/public/Ashrae_guideline14-2002_Measurement%20of%20Energy%20and%20Demand%20Saving%20.pdf)

medianas, es sin lugar a dudas conjuntar elementos de confiabilidad a un costo adecuado.

En este sentido, en esta guía se presenta la siguiente metodología que busca alcanzar la meta mencionada anteriormente, a partir de un procedimiento práctico pero que cuente con los elementos básicos planteados en los apartados VI.5 y VI.6 de esta guía.

## Metodología para MRV propuesta

### Objetivos

- I. Identificar las características físicas y operativas de los sistemas consumidores de energía eléctrica y térmica de mayor impacto energético, ambiental y económico en las empresas PyMEs de México; así como las adecuaciones que se propongan a los mismos como resultado de los correspondientes diagnósticos energéticos a realizar.
- II. Diseñar los procedimientos específicos para monitorear los consumos de energía asociados y verificar las condiciones de eficiencia energética a obtener con la implantación de las medidas que se propongan como resultado de los diagnósticos energéticos que se practiquen a cada una de las instalaciones que se analicen.
- III. Especificar el equipamiento necesario para el monitoreo de los consumos de energía eléctrica y térmica en los sistemas consumidores de energía mencionados en el objetivo I; y verificación de las condiciones de eficiencia energética de los mismos a partir de la implantación de las medidas propuestas.

### Alcances

El propósito fundamental de las actividades a realizar en para la elaboración del Plan MRV, es identificar con claridad las características particulares de cada uno de los usos finales de energía a monitorear/verificar, con lo cual será posible definir la tecnología y el tratamiento metodológico a seguir para conservar el binomio “confiabilidad + economía” que nuestros protocolos de M&V deben tener, así como buscar la mejor alternativa para el equipamiento respectivo.

**Fase I.- Identificación de las características físicas y operativas de los sistemas consumidores de energía existentes en las instalaciones analizadas; así como las adecuaciones que se propongan para reducir el consumo de energía.**

En esta actividad se llevará a efecto un análisis de la configuración física de los sistemas consumidores de energía (iluminación, motores, aire acondicionado, refrigeración; y

generación y distribución de vapor, entre otros) para cada uno de las instalaciones evaluadas, destacando la necesidad de identificar con claridad los siguientes aspectos:

- a) Tecnología de los equipos;
- b) Número de equipos operativos existentes;
- c) Ubicación física de los equipos;
- d) Grado de conservación de los equipos;
- e) Condiciones de consumo energético actual;
- f) Caracterización y ubicación de tableros de control; y
- g) Caracterización y ubicación de facilidades de comunicación telefónica y de Internet.

**Fase 2.- Diseño de los procedimientos específicos para monitorear los consumos de energía eléctrica y térmica; y verificar las condiciones de eficiencia energética a obtener con la implantación de las medidas de eficiencia energética que se propongan.**

En esta actividad y a partir de los datos obtenidos en la Fase 1, se definirá el tipo de procedimiento de medición y la configuración de equipos para este fin.

En el caso de los sistemas de iluminación y, en general, donde se cuente con una cantidad importante de equipos consumidores de energía eléctrica de una misma tecnología y en la misma instalación; se deberán determinar las características de diseño tanto de los equipos como de los tableros de control existentes, con lo cual se propondrá el tipo de transductores y su conexión para medir la variable de consumo de energía eléctrica.

Esta tecnología para monitorear y verificar consumos de energía eléctrica se basa en el uso de esquemas de Sub-medición a nivel de uso final (opciones A y B del IPMVP), utilizando sensores de alta confiabilidad que conviertan la variable eléctrica de consumo registrada en una señal de pulsos que pueda ser transportada vía Internet a un centro de procesamiento de información. En este centro de procesamiento se prepararán los reportes de acuerdo a gráficos y tabulares que pueden fácilmente adecuarse a las necesidades de los usuarios y presentarse a éstos incluso en tiempo real para ser mostrados en sus propios sistemas de información.

En este sentido, cuando el número de equipos consumidores de energía eléctrica es elevado, resulta evidente que este volumen descarta la posibilidad de poder realizar un monitoreo y medición de ahorros al 100%, puesto que la inversión necesaria para este fin podría ser incluso más grande que los mismos trabajos de actualización tecnológica y/o de sustitución; por lo que en la presente propuesta se plantea la aplicación de una metodología de inferencia estadística y los procedimientos respectivos para los trabajos de monitoreo y verificación *in situ* necesarios para el desarrollo de esta fase.

Es importante destacar que este procedimiento desarrollado por el Ing. Alejandro Gutiérrez, coautor de esta guía, fue planteado a la CONUEE en el año 2004 para su validación y aplicación en proyectos de ahorro de energía eléctrica; a partir de lo cual se realizaron varios protocolos MRV tanto en el sector público, como en el privado; siendo principalmente en este último donde se obtuvieron resultados satisfactorios en su implantación.

Esta metodología se ha denominado comercialmente como MOVE-electric y fue concebida para ser aplicable a las características de proyectos de actualización tecnológica o sustitución de equipos cuya finalidad sea mejorar las condiciones de utilización y/o consumo de energía eléctrica; aunque su aplicación puede ser extensiva a proyectos donde los beneficios energéticos sean en el área térmica.

Este procedimiento contempla dos modalidades básicas:

□ **Para grandes Instalaciones/Inmuebles en número reducido**

En esta categoría, se aplica una técnica de inferencia estadística, específicamente mediante la utilización de una curva de distribución normal que nos permita, mediante la selección de un tamaño de muestra representativo, inferir a partir de ésta las condiciones de consumo de energía eléctrica, tanto de los equipos existentes por convertir/sustituir, como de los nuevos equipos ya eficientes.

De esta forma, se determina un intervalo de confianza que nos define una probabilidad de acierto adecuada a nuestros requerimientos de certidumbre en la inferencia a partir de la muestra seleccionada (usualmente mayor a un 95%), es decir, se selecciona al azar un número determinado de equipos con condiciones de configuración equivalentes en términos de consumos de energía eléctrica y de esta forma se obtiene una mucho menor cantidad de equipos a monitorear con el correspondiente ahorro en inversiones.

Es importante destacar que desde un punto de vista técnicamente ortodoxo, este procedimiento de selección al azar, debiera ser sin reemplazo y realizado en cada evento de medición, sin embargo, debido al elevado costo de esto –ya sea realizado con personal o en forma automática- se propone tan sólo realizar la selección de una muestra al azar por un sola vez y mantener este cúmulo de equipos durante la duración del periodo deseado de monitoreo.

□ **Para pequeñas Instalaciones/Inmuebles en gran número**

En el caso de este tipo de aplicación, el elevado número de edificios a considerar impide realizar un muestreo y medición para cada una de éstos debido al alto costo que esto representaría.

En su lugar se propone realizar nuevamente una aplicación de metodología estadística para seleccionar de entre esta gran población, una muestra aleatoria siguiendo la misma

curva de distribución normal, la cual no sería ahora por equipo consumidor de energía eléctrica, sino por inmueble.

Para este caso se hace necesario realizar los trabajos de seccionamiento de circuitos necesarios para garantizar la medición del consumo de energía eléctrica por uso final (normalmente iluminación y aire acondicionado) al 100% (opción C del IPMVP).

El procedimiento genérico que se aplica para la determinación del tamaño de muestra estadística, se compone de los siguientes elementos:

- a) Con base en los resultados obtenidos del diagnóstico energético correspondiente y la subsecuente ejecución de los trabajos de actualización tecnológica y/o sustitución de equipos, se prepara la tabla de datos de consumo de energía eléctrica de los mismos. La información básica que se incluirá en la tabulación incluye las condiciones de carga (W) de cada equipo y las horas de utilización por mes.

De esta forma se obtiene la definición de los kWh/mes que cada equipo convertido/sustituido consumiría en términos de la medición realizada. La información debe ser preparada para agrupar equipos de una misma configuración y tiempos de operación equivalentes, con objeto de mantener consistencia y minimizar la dispersión de los eventos medidos con respecto a la media de la población.

- b) Con los grupos integrados, para cada uno de éstos se calculan las respectivas variables estadísticas: Media y Desviación Estándar.

La media de la población, es decir, de cada grupo formado, se calculará de la siguiente forma:

$$X_{media} = \sum x_i / n \dots\dots\dots (1)$$

*Donde*

$X_{media}$  = Media de la población (Consumo medio) [kWh]

$x_i$  = Evento de medición de consumo [kWh]

$n$  = Número de Equipos convertidos /sustituidos

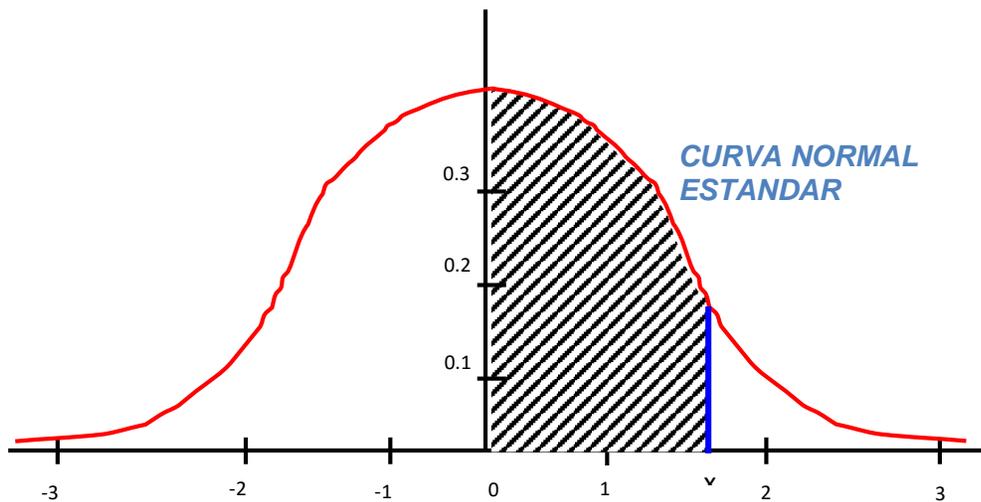
Por su parte, la desviación estándar de cada grupo formado, se calculará de la siguiente forma:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{med})^2} \dots\dots\dots (2)$$

Donde

- s = Desviación estándar
- $x_{media}$  = Media de la población (Consumo medio) [kWh]
- $x_i$  = Evento de medición de consumo [kWh]
- n = Número de Equipos convertidos/sustituidos

c) A continuación se define la probabilidad de ocurrencia de que los eventos considerados en la muestra a determinar, caigan en un intervalo de confianza establecido. Para efecto de la metodología propuesta estamos fijando trabajar con un nivel de confianza (probabilidad) del 98%, con lo que –bajo el supuesto metodológico de que la distribución de las medias de las muestras es normal- la siguiente curva normal estándar y las áreas comprendidas bajo ésta nos determinará el intervalo de confianza en función de la probabilidad deseada y un tamaño de muestra determinado.



<b>X</b>	<b>Area entre 0 y x</b>	<b>x</b>	<b>Area entre 0 y x</b>	<b>x</b>	<b>Area entre 0 y x</b>
0.00	0.0000	0.45	0.1736	1.40	0.4192
0.02	0.0080	0.50	0.1915	1.50	0.4332
0.04	0.0160	0.55	0.2088	1.60	0.4452
0.06	0.0239	0.60	0.2258	1.70	0.4554
0.08	0.0319	0.65	0.2422	1.80	0.4641
0.10	0.0398	0.70	0.258	1.90	0.4713
0.12	0.0478	0.75	0.2734	2.00	0.4772
0.14	0.0557	0.80	0.2881	2.20	0.4861
0.16	0.0636	0.85	0.3023	<b>2.40</b>	<b>0.4918</b>
0.18	0.0714	0.90	0.3159	2.60	0.4953
0.20	0.0793	0.95	0.3289	2.80	0.4974
0.25	0.0978	1.00	0.3413	3.00	0.4987
0.30	0.1179	1.10	0.3643	3.50	0.4998
0.35	0.1368	1.20	0.3849	4.00	0.5000
0.40	0.1554	1.30	0.4032		

**Tabla 1**

- d) Posteriormente, tomando como base las expresiones matemáticas para determinar los límites inferior y superior del intervalo de confianza, se calculan ambos indicadores:

**Límite inferior**

$$x_{med} - [(x*s)/\sqrt{\mu_x}] \dots\dots\dots (3)$$

**Límite superior**

$$x_{med} + [(x*s)/\sqrt{\mu_x}] \dots\dots\dots (4)$$

Donde

$x_{media}$  = Media de la población (Consumo medio) [kWh]

s = Desviación estándar

x = Factor de curva de distribución normal a una probabilidad determinada

$\mu_x$  = Tamaño de muestra propuesto

**Fase 3.- Especificación del equipamiento necesario para el monitoreo de los consumos de energía eléctrica en los sistemas consumidores de energía de las instalaciones/inmuebles contemplados y verificación de sus condiciones de eficiencia energética a partir de la implantación de las medidas propuestas.**

Con los resultados que se obtengan de la Fase 2, será posible determinar el número y características de los sistemas para monitorear el consumo de energía eléctrica en los sistemas o usos finales de cada instalación o inmueble, lo que permitirá establecer los presupuestos de inversión necesarios para el equipamiento respectivo.

Cabe destacar que las opciones en cuanto cantidad y arreglo resultantes pueden tener variaciones sustanciales de edificio a edificio, ya que las características de los equipos existentes en cada instalación o inmueble determinará el diseño del sistema de monitoreo y verificación para cada uno de éstos.

#### **Fase 4.- Definición de los tableros de control para el monitoreo de los equipos de la muestra.**

Con este tratamiento metodológico se definirá el tamaño de muestra y posteriormente, él o los tableros específicos en los que se instalarán los equipos de medición, de forma tal que el número de equipos que hayan sido seleccionados de acuerdo a los respectivos tableros que los controlan, sea por lo menos igual a dicho tamaño de muestra.

Asimismo, a partir de la obtención de una línea o escenario base de consumo de energía eléctrica teórica con la aplicación del modelo de inferencia estadística, y una vez iniciado el proceso de medición *ex-ante*, se deberá delimitar la línea o escenario base de consumo real y, una vez realizada la conversión, la cuantificación del porcentaje de reducción en el consumo de energía eléctrica.

#### **Fase 5.- Determinación del periodo de MRV**

El procedimiento de medición, reporte y verificación tendrá la vigencia que determinen las condiciones de planeación del proyecto, especialmente si éste se ejecutara en el marco de un contrato por desempeño o dentro del contexto de alguna iniciativa de comercialización de certificados de reducción de emisiones (CER's); independientemente de los lineamientos determinados por la empresa usuaria.

Por lo anterior, considerar un periodo mínimo de 12 meses que correrán a partir de la puesta en marcha del proyecto de eficiencia energética, resulta razonable y deberá considerar tanto los reportes periódicos de monitoreo entregados por los equipos de medición vía Internet, como -en su caso- un reporte mensual elaborado por un tercero especializado en el tema (se recomienda que no sea el proveedor de la tecnología instalada); en el que se muestren los datos de las mediciones realizadas y acumuladas en el correspondiente periodo, a fin de que se evalúen los resultados obtenidos de acuerdo a las metas de ahorro establecidas, ya sea contractualmente con una ESCo o como parte del procedimiento establecido para la validación de los CER's.

#### **Fase 6.- Análisis comparativo *ex ante* versus *ex post* para la determinación de los beneficios energéticos**

La definición de las cantidades a comparar, se realizará mediante el cálculo del promedio aritmético del consumo medido en la muestra durante los 11 primeros meses del periodo MRV, extrapolado para cuantificar el consumo mensual de energía eléctrica en el total de equipos convertidos/sustituídos (población en términos estadísticos), de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{LBC vs. } (\Sigma \text{CEE}_{\text{muestral}}/11)/(n/N)$$

Donde

**LBC** = Línea Base Consumo, que corresponde al consumo mensual de energía eléctrica calculado del total de luminarias a convertir (expresado en kWh).

$\Sigma \text{CEE}_{\text{muestral}}$  = Sumatoria de los niveles de consumo mensual de energía eléctrica registrados en los 11 meses en los luminarios convertidos que integran la muestra (expresado en kWh).

**n** = Número de equipos de la muestra.

**N** = Número de equipos a convertir/sustituir

Para ejemplificar esta metodología propuesta, se recomienda consultar el ejemplo presentado en el anexo VI-2 “Plan MRV implantado en empresa de servicios para el Sector Financiero” y en el anexo VI-3 “1er Reporte de la actividad de Monitoreo & Verificación del Desempeño en materia de reducción del consumo de energía eléctrica en iluminación”, de la presente guía.

## **VI.9 Determinación del volumen de reducción de emisiones de gases efecto invernadero**

Para la determinación de la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, y para los efectos de esta guía, estamos considerando los conceptos vertidos en el documento de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), denominado “Metodologías para la Cuantificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y de Consumos Energéticos Evitados por el Aprovechamiento Sustentable de la Energía”; el cual para mayor referencia se encuentra en la liga [http://www.sener.gob.mx/res/Acerca\\_de/MetodologiasCuantificacionEmisionesGasesEfectoInvernaderoConsumosEnergeticos.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/Acerca_de/MetodologiasCuantificacionEmisionesGasesEfectoInvernaderoConsumosEnergeticos.pdf), y se presenta también en el anexo VI.4 de esta guía; así como en el documento denominado “

De manera concreta, se contempla que de las estimaciones que pueden generarse a partir de las metodologías propuestas en este documento, se utilizarán preferentemente las de nivel 1 y 2, con base en la cantidad y calidad de información que se estima podrá captarse a partir de la ejecución de los proyectos de eficiencia energética y aplicación de energías renovables, dentro del marco del Programa de Financiamiento de PEL's de NAFIN.

La metodología que estaremos aplicando de forma más intensiva es la que se refiere a la “Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero por la explotación, transformación y consumo de energía”, la cual plantea su cobertura en las siguientes actividades:

- Explotación de Fuentes Primarias de Energía
- Producción y transformación de fuentes primarias de energía en fuentes secundarias en refinerías y plantas generadoras de electricidad
- Distribución de energía
- Consumo final energético

Para el caso particular del contexto del Programa de Financiamiento de PEL de NAFIN, la actividad considerada es la que se refiere al consumo final energético, por lo que las metodologías de cálculo de reducción de emisiones consideradas, serán las que aplican a este rubro.

Estas actividades generan emisiones de GEI derivadas de la combustión de energéticos, así como emisiones fugitivas en procesos de combustión, lo cual se puede apreciar de manera clara en la siguiente figura:

## Emisiones de GEI del sector energético

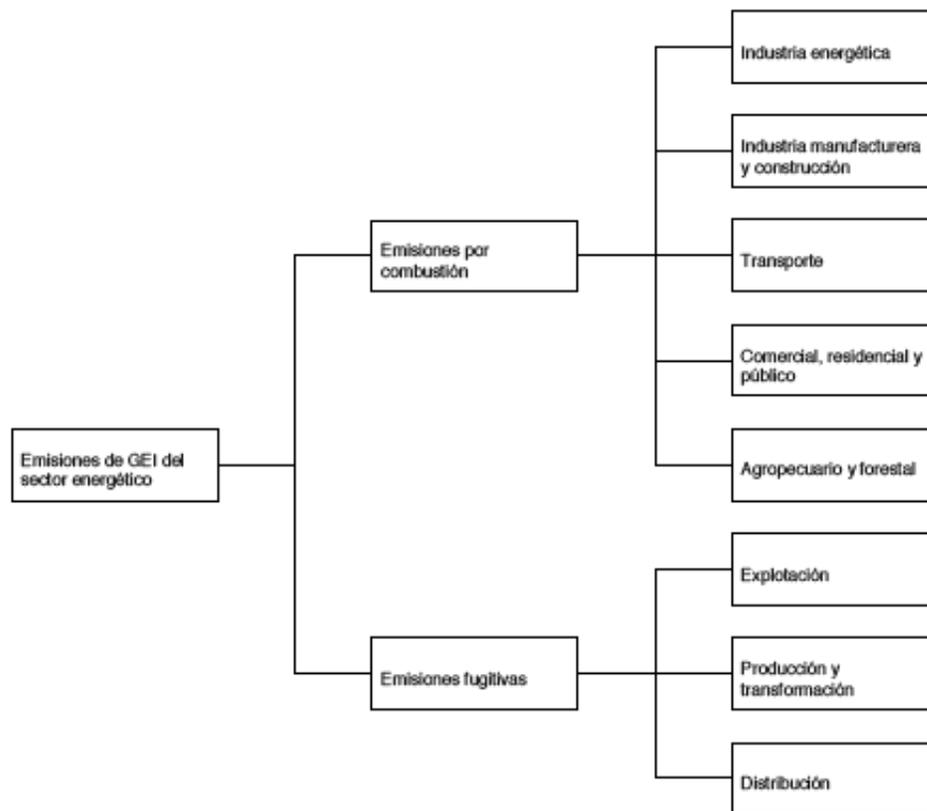


Fig. 11 Emisiones de GEI del sector energético

El documento en cuestión plantea una serie de algoritmos para calcular las emisiones de GEI, de las cuales para los efectos de esta guía se plantean las siguientes:

Metodología para la cuantificación de emisiones por combustión de energéticos

Ecuación 2

Emisiones por GEI por combustión, por energético

$$E_{g,f}^c = C_f \cdot FE_{g,f}$$

Donde:

$E_{g,f}^c$  = emisiones de gas de efecto invernadero “g” por la combustión del energético “f”(kg de GEI)

$C_f$  = consumo del energético “f” (TJ)

$FE_{g,f}$  = factor de emisión estándar de gas “g” en la combustión del energético “f” (kg / TJ)

El cálculo de las emisiones totales por combustión de energéticos es, como se muestra en la ecuación 3, la sumatoria de las emisiones generadas por la combustión de todos los energéticos considerados en el análisis de una instalación:

Ecuación 3

Emisiones de emisiones de GEI por combustión, totales por gas

$$E_g^c = \sum_{f=1}^F E_{g,f}^c$$

Donde:

$E_g^c$  = emisiones totales del gas “g”(kg de GEI)

$E_{g,f}^c$  = emisiones del gas “g” por la combustión del energético “f” (kg de GEI)

En la parte final del documento de la CONUEE, se presenta un listado de los distintos factores estándar de emisión de GEI para diferentes energéticos, de acuerdo a la definición planteada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés),

Por otro lado, para el caso de los proyectos orientados a la implantación de acciones sustentables en el uso de la energía eléctrica, se recomienda la utilización del “Caso especial: Metodología para la cuantificación de emisiones en la generación (y el consumo) de electricidad”, específicamente:

Ecuación 8

Estimación de factor de emisión para electricidad

$$E_g^c = C_{\text{electricidad}} \cdot FE_{\text{electricidad},g}$$

El factor utilizado refleja las emisiones generadas durante el proceso de generación de electricidad, de acuerdo con el siguiente algoritmo:

### Ecuación 9

Estimación de factor de emisión para electricidad

$$FE_{\text{electricidad},g} = \frac{\sum_{p=1}^P \sum_{f=1}^F (C_{f,p} \cdot FE_{g,f})}{\sum_{p=1}^P GE_p \cdot (1 - FP)}$$

Donde:

- $FE_{\text{electricidad},g}$  = factor de emisión de gas de efecto invernadero “g” en el uso de electricidad (kg de GEI / TJ)
- $C_{f,p}$  = consumo del energético “f” para generación de electricidad en la planta generadora “p” (TJ)
- $FE_{g,f}$  = factor de emisión estándar de gas “g” en la combustión del energético “f” (kg / TJ)
- $GE_p$  = electricidad generada en la planta “p” (TJ)
- $FP$  = factor de pérdidas técnicas de transmisión de electricidad

Debi  
do a  
que  
el  
facto  
r de  
emisi  
ón  
prop  
uesto  
para  
las  
emisi  
ones  
deriv  
adas  
del

consumo de electricidad ya contempla las emisiones provenientes de los consumos energéticos intermedios en el proceso de generación, se pueden utilizar estimaciones de consumo eléctrico para cuantificar el total de las emisiones de GEI.

## MÓDULO VII EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS DE ENERGIA LIMPIA

### VII.1 Antecedentes

Uno de los aspectos que a lo largo de los años que la actividad de impulso al mejor uso de la energía en México, ha carecido de mayor soporte en el ámbito de los servicios de consultoría para el desarrollo de proyectos de inversión con este fin, ha sido sin lugar a dudas el relativo a la aplicación de herramientas adecuadas para la determinación de la viabilidad económica y financiera de los mismos.

Esta situación ha sido necesariamente resultado de la incipiente participación de las instituciones financieras de primer piso en apoyo a esta actividad económica, por lo que hoy en día este nicho de mercado ha despertado su firme interés de participar en él, especialmente por parte de los bancos comerciales; y se perfila la necesidad de brindar acceso a los elementos de información que permitan a las firmas de consultoría, distribuidores de equipos y, en general, a los agentes de mercado interesados en el tema; por ello es necesario estructurar adecuadamente el análisis financiero y económico de los mismos desde una visión de bancabilidad.

Por este motivo, en este módulo de la presente guía se están contemplando los conceptos más importantes y las metodologías de mayor utilización en la evaluación económica y financiera de proyectos de inversión, propiciando así, en primer término, condiciones de claridad para la identificación de la rentabilidad económica de los PEL's ante los tomadores de decisiones por parte de las empresas usuarias y, para estos mismos y las instituciones financieras, la adecuación de las condiciones de liquidez y estructura financiera, para conformar así la evaluación de lo que constituye el binomio proyecto-empresa que se requiere para una negociación exitosa de financiamiento.

Con base en lo anterior, consideraremos en primer término lo relativo al análisis económico de los PEL's, partiendo de su consecuencia final, que es facilitar la toma de decisiones acerca de su implantación.

Las decisiones que deben tomar ingenieros, gerentes, presidentes de empresas y, en general, las personas en muchas de sus actividades diarias, frecuentemente son resultado de seleccionar alternativas.

A menudo las decisiones reflejan la elección fundamentada de una persona acerca de cómo invertir mejor los fondos a su disposición (o el capital con que cuenta). A menudo el monto del capital está restringido, así como el efectivo disponible de una persona, en muchas ocasiones se encuentra limitado.

La decisión de cómo invertir el capital, indudablemente cambiará el futuro de la persona, la empresa o del ente público, desde luego con esperanza de mejorar, es decir, de que se agregará valor. En este sentido, las áreas de ingeniería de las empresas o de los organismos públicos, tienen un papel fundamental en la toma de decisiones relacionadas con la inversión del capital, basados en sus habilidades de análisis, síntesis y diseño.

Los factores que se toman en cuenta en la toma de decisiones constituyen una combinación tanto de elementos económicos, como no económicos. Otros factores pueden ser de naturaleza intangible como la *conveniencia*, la *buena voluntad*, la *amistad* y otros.

**Cuando realizamos un proceso de evaluación de carácter financiero y económico – al que en forma equivalente podemos denominar *ingeniería económica*, *análisis de ingeniería económica*, *toma de decisiones económicas*, *estudio de asignación de capital*, *análisis económico* y otros semejantes- **fundamentalmente estamos hablando de formular, estimar y evaluar los resultados económicos y financieros, cuando existan alternativas disponibles para llevar a cabo un propósito definido.****

Saber cómo aplicar correctamente éstas técnicas resulta de vital importancia para las áreas de la organización involucradas con la preparación de propuestas de inversión (normalmente los grupos de ingeniería, mantenimiento y/o proyectos) a los cuadros administrativos de decisión, ya que prácticamente cualquier proyecto influirá en los costos o en los ingresos.

Con base en lo anterior, en el contexto de esta Guía de Elaboración de Planes de Negocio para Proyectos de Energía Limpia (PEL's), estamos presentado los lineamientos que consideramos más importantes para apoyar a los agentes de mercado interesados en la utilización de este material, en la valoración que desde el punto de vista económico y financiero, tendrán que realizar para determinar su viabilidad de negocio y transmitir los resultados de este análisis tanto a los directivos de las empresas, como, en su caso, a las instituciones financieras a las que se les plantee una solicitud de financiamiento para la implantación de los PEL's.

En este sentido, queremos definir que el alcance de este módulo de la guía comprende tanto la mención de técnicas de evaluación económica para la determinación de la rentabilidad de las medidas de mejora energética propuestas, como los elementos documentales de evaluación financiera que tendrán que ser presentados en muchas ocasiones ante las instituciones bancarias u no bancarias para presentar ante estas las condiciones de capacidad de pago y solidez de estructura financiera de las empresas solicitantes de financiamiento; con lo cual será posible definir con precisión la viabilidad del binomio proyecto-empresa necesario para la obtención de crédito.

## VII.2 Papel de la ingeniería económica en la toma de decisiones

La premisa de la actividad económica en cualquier manifestación es que son las personas las que toman las decisiones. Ni las computadoras, o los modelos matemáticos son los que lo hacen. *Las técnicas y metodologías de ingeniería económica son pues, herramientas de apoyo a las personas para tomar decisiones;* y debido a que las decisiones influyen en lo que se hará, el marco de referencia temporal de la ingeniería económica es fundamentalmente el futuro.

Con base en este precepto, en un análisis de ingeniería económica los números constituyen las mejores estimaciones de lo que se espera que ocurra. Dichas estimaciones a menudo implican tres de los elementos básicos de la ingeniería económica:

- Flujos de efectivo.
- Su tiempo de ocurrencia.
- Tasas de descuento (o de interés o de rendimiento).

Estos conceptos se estiman (en la mayoría de las ocasiones) a futuro y serán muy seguramente distintas de los eventos que realmente ocurran, principalmente como consecuencia de las circunstancias cambiantes y no planeadas de los mismos.

Esta condición estimativa de la ingeniería económica, nos lleva por lo general a un *Análisis de Sensibilidad*, el cual se lleva a cabo dentro del estudio de ingeniería económica, para determinar cómo podría cambiar la decisión de acuerdo con estimaciones variables, en especial de aquellas que podrían variar de manera significativa.

Así por ejemplo, un ingeniero en energía espera que las inversiones en sistemas de control de presencia para equipos de iluminación varíen  $\pm 15\%$  de un valor estimado de \$ 200,000. El ingeniero podría realizar sus cálculos en las fronteras del intervalo antes mencionado y el monto de referencia: con \$170,000, \$200,000 y \$230,000 de inversión.

Este y cálculos mucho más complicados tales como mayores intervalos de evaluación o análisis con variables de sensibilidad múltiples, pueden realizarse con relativa facilidad utilizando hojas de cálculo electrónicas.

En ciertas ocasiones, la ingeniería económica puede ser utilizada para evaluar acontecimientos del pasado. En este caso, pueden ser analizados los datos registrados para identificar si se alcanzaron parámetros de resultados establecidos, como por ejemplo una tasa de rendimiento de la inversión.

A manera de ejemplo comentemos el caso de un organismo abocado al financiamiento de proyectos de eficiencia energética eléctrica que inició hace 15 años actividades de apoyo a proyectos de inversión con este objetivo.

Ahora, el actual director del organismo desea saber si el retorno real del capital invertido se ha mantenido por arriba de la inflación en cada uno de los ejercicios anuales en los que ha venido operando.

Esta información será seguramente de enorme valía para la toma de decisiones de este ejecutivo en su reciente asignación.

### VII.3 Proceso de toma de decisiones

Para la realización de análisis que involucren los temas de desarrollo y elección de alternativas, existe un procedimiento denominado *Enfoque de Solución de Problemas o Proceso de Toma de Decisiones*, el cual incluye los siguientes pasos:

1. **Comprensión del problema y definición del (los) objetivo (s).**
2. **Recopilación de información relevante.**
3. **Definición de posibles soluciones alternativas y realización de estimaciones realistas.**
4. **Identificación de criterios para la toma de decisiones considerando uno o más atributos.**
5. **Evaluación de cada alternativa aplicando un análisis de sensibilidad para reforzar la evaluación.**
6. **Elección de la mejor alternativa.**
7. **Aplicación de la solución y seguimiento de los resultados.**

La ingeniería económica desempeña el papel principal en todos los pasos mencionados y, en particular, es fundamental en los pasos 2 a 6.

Los **pasos 2 y 3** establecen las alternativas y permiten hacer las estimaciones para cada una de ellas.

El **paso 4** requiere que el analista identifique los atributos para la elección de alternativa. Este paso determina la etapa para la aplicación de la técnica.

El **paso 5** utiliza modelos de ingeniería económica para completar la evaluación y realizar cualquier análisis de sensibilidad sobre el cual se base una decisión (**paso 6**).

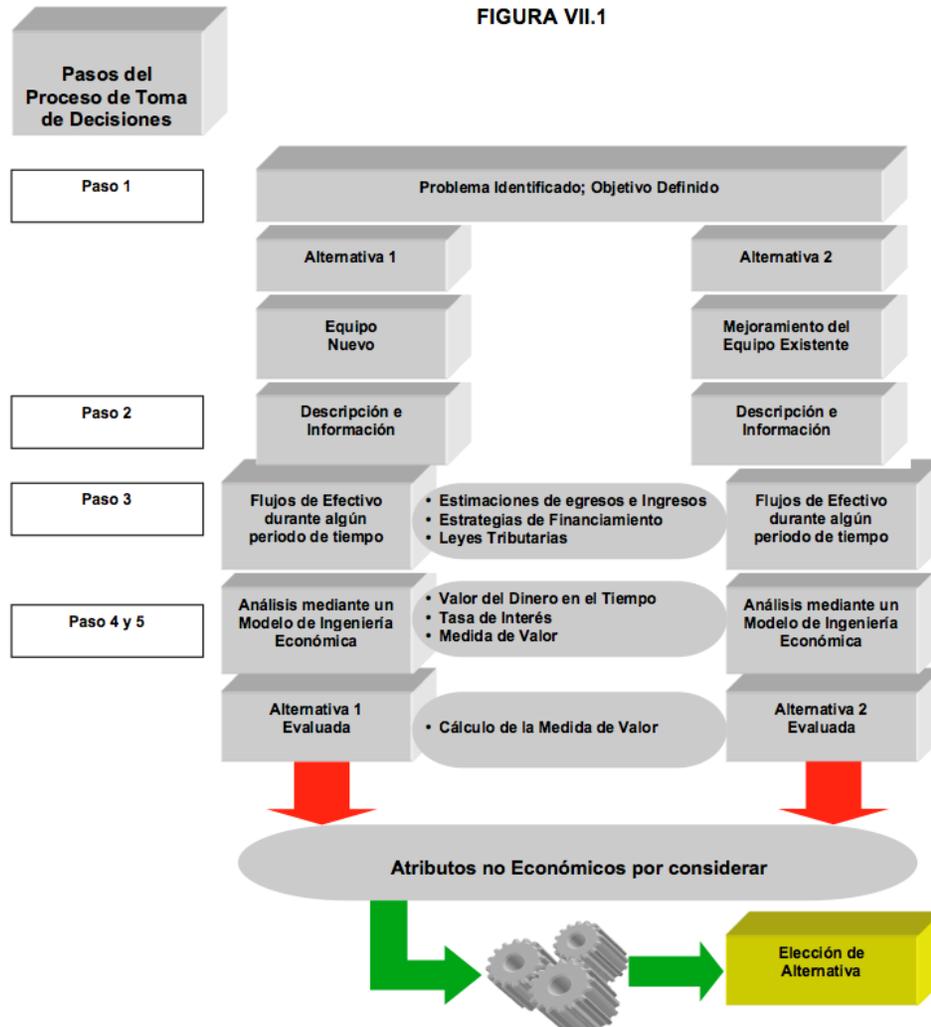
En este punto es importante mencionar que un concepto vital en el ámbito de la ingeniería económica –finalmente en el ámbito de los negocios- es el del *Valor del Dinero en el Tiempo*. Frecuentemente hemos escuchado la frase “dinero llama a dinero”. Esta afirmación es estrictamente cierta, ya que si hoy decidimos invertir dinero, intrínsecamente esperamos tener más dinero en el futuro. Por otro lado, si una persona –física o moral- solicita un préstamo el día de hoy, mañana tendrá un adeudo superior al del capital original del préstamo. Este hecho se explica también mediante el valor del dinero en el tiempo.

“La variación del dinero en un periodo de tiempo dado recibe el nombre de valor del dinero en el tiempo”.

#### VII.4 Alcances de un estudio de ingeniería económica

Para identificar con claridad los alcances globales de la ingeniería económica, existe el denominado “*Enfoque de Estudio de la Ingeniería Económica*”, el cual ofrece una perspectiva general del estudio de esta materia.

A continuación se muestra un planteamiento esquematizado de este Enfoque, contemplando un análisis de dos alternativas:



### Paso 1

**Identificación de las alternativas.** El resultado del paso 1 del proceso de toma de decisiones consiste de un entendimiento básico de lo que requiere el problema para darle solución. En el inicio suelen presentarse diversas alternativas, pero sólo unas cuantas serán viables y evaluadas realmente. Si se han identificado las alternativas A, B y C para el análisis, cuando el método D, aunque no se le reconoce como una alternativa, es el más atractivo, seguramente se tomará la decisión equivocada.

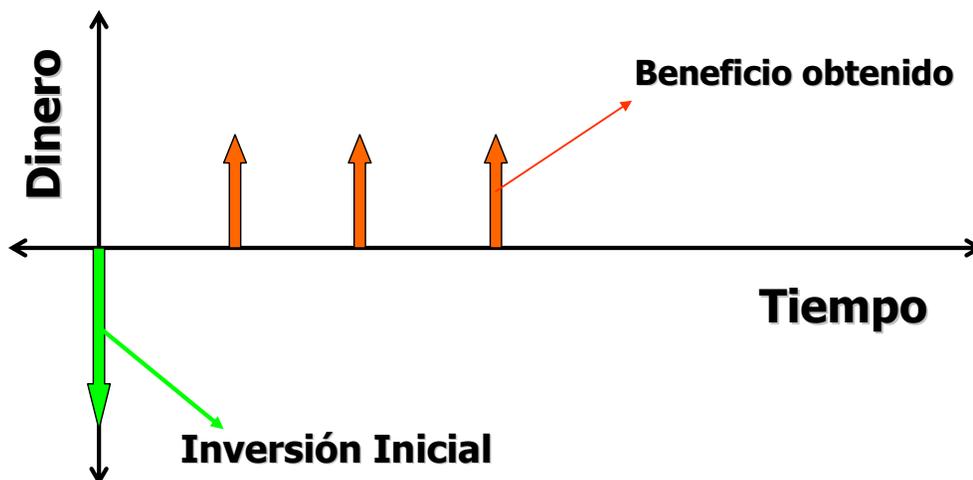
### Paso 2

**Descripción de las alternativas.** Las alternativas son opciones independientes que implican una descripción suficiente y las mejores estimaciones de parámetros tales como el costo inicial (incluyendo precio de compra, desarrollo, instalación, vida útil, ingresos y egresos anuales/mensuales estimados, valor de salvamento –rescate, reventa o canje-tasa de descuento –interés o rendimiento- y, posiblemente, inflación y efectos de impuestos aplicables. Por lo general, las estimaciones de los gastos anuales se agrupan y reciben el nombre de *Costos Anuales de Operación (CAO)* o *Costos de Mantenimiento y Operación (CMO)*.

### Paso 3

**Flujo de Efectivo.** Las entradas (ingresos) y salidas (egresos) estimadas de dinero reciben el nombre de flujos de efectivo. Dichas estimaciones se realizan para cada alternativa en análisis (paso 3). Sin estimaciones de flujo de efectivo en un periodo determinado, resulta imposible llevar a cabo un estudio de ingeniería económica. La variación esperada de los flujos de efectivo indica una necesidad real de un análisis de sensibilidad en el paso 5.

FIGURA VII.2



## Paso 4

**Análisis mediante un modelo de ingeniería económica.** Los cálculos que consideran el valor del dinero en el tiempo se realizan sobre flujos de efectivo de cada alternativa para obtener la medida de valor.

## Paso 5

**Elección de alternativa.** Se comparan los valores de la medida de valor y se elige una alternativa. Este es el resultado del análisis de ingeniería económica. Por ejemplo, el resultado de un análisis de tasa rendimiento puede ser el siguiente: se elige la alternativa 1, donde se estima una tasa de rendimiento de 18.4 % anual, sobre la alternativa 2, cuya tasa de rendimiento anual esperada es del 10%.

Se puede aplicar una combinación de criterios económicos utilizando la medida de valor, así como los factores no económicos e intangibles, para facilitar la elección de una alternativa.

Si sólo se define una alternativa viable, hay una segunda alternativa presente en la forma de “*Alternativa de No Hacer Algo*”. Esta es una alternativa llamada también “*Dejar Como Está*” o de *Stats Quo*. Se puede elegir no hacer algo si ninguna la alternativa posee una medida de valor favorable.

Estemos o no conscientes, a diario utilizamos criterios para elegir entre diversas alternativas. Por ejemplo, cuando nos dirigimos a la oficina en automóvil, queremos tomar la mejor ruta, pero... ¿cómo definimos cuál es la mejor?, ¿La mejor ruta es la más segura, la más corta, la más rápida, la más barata, la que tiene mejor paisaje, o cuál? Es obvio que, dependiendo del criterio o combinación de criterios que se aplique para identificar **la mejor**, cada vez podría elegirse una ruta diferente.

En el análisis económico, las unidades monetarias (pesos, dólares u otras monedas) generalmente sirven de base tangible para realizar la evaluación. Por consiguiente, cuando existen diversas formas de conseguir un objetivo establecido, se elegirá la alternativa con el costo global menor o la utilidad global mayor.

Un análisis después de impuestos puede ser llevado a efecto durante la evaluación del proyecto, por lo regular sólo con efectos representativos sobre la depreciación de activos, impuesto sobre la renta e impuesto al valor agregado. Los impuestos establecidos por los gobiernos locales, estatales, federales e internacionales, normalmente adquieren la forma de un impuesto sobre la renta por ingresos, un impuesto al valor agregado (IVA), impuestos de importación, impuestos sobre la venta, impuestos prediales y otros.

Los impuestos influyen sobre las estimaciones de los flujos de efectivo de las alternativas; tienden a mejorar las estimaciones del flujo de efectivo en cuanto a costos, ahorros en gastos y depreciación de activos, y al mismo tiempo disminuyen las estimaciones del flujo

de efectivo del ingreso y de la utilidad de operación (**EBITDA = Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization**/Utilidad antes de gastos financieros, impuestos, depreciaciones y amortizaciones).

## VII. 5 Elementos de Análisis Económico de Proyectos de Inversión

### VII.5.1 Tasa de interés y tasa de rendimiento.

**El interés es la manifestación del valor del dinero en el tiempo.** Desde una perspectiva de cálculo, el interés es la diferencia entre una cantidad final de dinero y la cantidad original, afectada ésta en un periodo de tiempo. Si la diferencia es nula o negativa, no hay interés.

Existen dos variantes del interés: el interés pagado y el interés ganado.

El interés se paga cuando una persona u organización pide dinero prestado (obtiene un préstamo) y paga una cantidad mayor por el mismo (operaciones pasivas).

El interés se gana cuando una persona u organización ahorra, invierte o presta dinero y recibe una cantidad mayor por éste (operaciones activas).

A continuación observaremos que los cálculos y los valores numéricos para ambas variantes son en esencia los mismos, lo que varía son las interpretaciones.

El interés que se paga por fondos que se piden prestados (préstamo) se determina mediante la relación:

$$\text{Interés} = \text{Cantidad que se debe ahora} - \text{cantidad original}$$

Cuando el interés pagado con respecto a un periodo de tiempo específico se expresa como porcentaje de la cantidad original (principal o capital inicial), el resultado recibe el nombre de **Tasa de Interés**.

$$\text{Tasa de Interés (\%)} = \frac{\text{Interés Acumulado por Periodo de Tiempo} \times 100\%}{\text{Cantidad Original}} \text{ .Ec. II.2}$$

El periodo de tiempo de la tasa recibe el nombre de *Periodo de Interés*. Por ahora, el periodo de interés más comúnmente utilizado para fijar una tasa de interés es de un año. Es posible considerar periodos de tiempo más cortos, por ejemplo mensuales (1%

mensual) o trimestrales (2.5% mensual), en cuyo caso siempre debe mencionarse el periodo del tiempo de la tasa, ya que por usos y costumbres, cuando no se hace mención a éste, se considera un periodo de interés de un año (ver ejemplos VII.1 y VII.2 en el anexo VII.1 Ejemplos Evaluación Económica y Financiera de PEL's).

Desde el punto de vista de un ahorrador, un prestamista o un inversionista, el interés devengado (ganado) es la cantidad final menos la inicial, o principal.

$$\text{Interés} = \text{Cantidad Total Actual} - \text{Cantidad Original Invertida}$$

El interés pagado durante un periodo específico de tiempo se expresa como porcentaje del capital original y recibe el nombre de *Tasa de Retorno* (TR).

$$\text{Tasa de Retorno (\%)} = \frac{\text{Interés Acumulado por}}{\text{Cantidad Original Invertida}} \times 100\%$$

La unidad de tiempo para la tasa de retorno recibe el nombre de Periodo de Interés, el mismo nombre que cuando se ve desde la perspectiva del prestatario. Nuevamente observamos que el periodo más usual es de un año.

En diversas actividades empresariales y escenarios, el término *Rendimiento sobre la Inversión* (RSI) se emplea como sinónimo de TR, en particular, cuando se asignan grandes fondos de capital a programas orientados a ingeniería o proyectos de inversión.

Aunque los valores numéricos de las ecuaciones II.2 y II.4 son los mismos, el término tasa de interés pagada es más adecuado para la perspectiva del prestatario, y tasa de retorno ganada es mejor desde la perspectiva del inversionista (ver ejemplo VII.3 en el anexo VII.1).

En los ejemplos VII.1, VII.2 y VII.3- el periodo de interés considerado ha sido de un año y los intereses se calcularon al final de dicho periodo. Cuando se considera más de un periodo de interés (por ejemplo, si quisiéramos calcular los intereses que se pagarán después de tres años en ejemplo II.3), es necesario definir si la naturaleza de la acumulación de un periodo al siguiente es Simple o Compuesta.

Un elemento adicional de índole económica para el estudio de la ingeniería económica es la *Inflación*. Para los alcances de este curso, es necesario comentar los elementos fundamentales de este parámetro.

En la realidad –desde la perspectiva de un prestatario- la tasa de inflación sencillamente constituye otra tasa de interés incorporada a la tasa de interés establecida; mientras que desde la óptica de un ahorrador o inversionista, la inflación reduce la tasa de retorno real sobre una inversión.

La inflación implica que las estimaciones de flujo de efectivo por costos y utilidad se incrementen con el tiempo. Dicho incremento corresponde a la variabilidad en el valor del dinero que la inflación afecta sobre la moneda de un país, situación que se traduce en que el valor relativo de una unidad monetaria sea menor que su valor anterior. El efecto de la inflación más palpable es el hecho de que el dinero cada vez permite comprar menos bienes.

La inflación propicia:

- La reducción del poder de compra.
- El incremento en el Índice de Precios al Consumidor (IPC).
- El incremento en el costo de los equipos y su mantenimiento.
- El incremento en el costo de los profesionistas asalariados y empleados contratados por horas.
- La reducción en la tasa de retorno real sobre los ahorros personales y las inversiones corporativas.

En otras palabras, la inflación puede contribuir materialmente a modificar el análisis económico individual y empresarial.

Comúnmente, los estudios de ingeniería económica suponen que la inflación afecta por igual a todos los parámetros considerados (situación que sabemos que en realidad no se presenta), por lo que en consonancia con esta convención, si consideramos una tasa de interés -o una tasa de retorno real- del 8% anual, ésta se aplicaría a lo largo del análisis sin tomar en cuenta una tasa de inflación adicional (es decir, ya estará incluida la inflación).

Sin embargo, si en este mismo análisis consideráramos de manera explícita la inflación en un nivel del 4%, esto implicaría afectar al alza nuestra de interés o rendimiento para tener la tasa nominal. Esta afectación se calcularía de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T_{\text{REAL}} = \frac{\text{Tasa de Interés (o Retorno) Nominal} - \text{Inflación}}{(1 + \text{Inflación})}$$

De esta forma,

$$0.08 = \frac{\text{Tasa de Interés (o Retorno) Nominal} - 0.04}{(1 + 0.04)}$$

$$\text{Tasa de Interés (o Retorno) Nominal} = (0.08 * 1.04) + 0.04 = 12.32\%$$

Si por el contrario, la Tasa de Retorno (o de Inversión) considerada inicialmente no tuviera descontada la inflación, entonces la tasa real sería

$$T_{\text{REAL}} = \frac{0.08 - 0.04}{1 + 0.04} = 3.85\%$$

### VII.5.2 Equivalencia

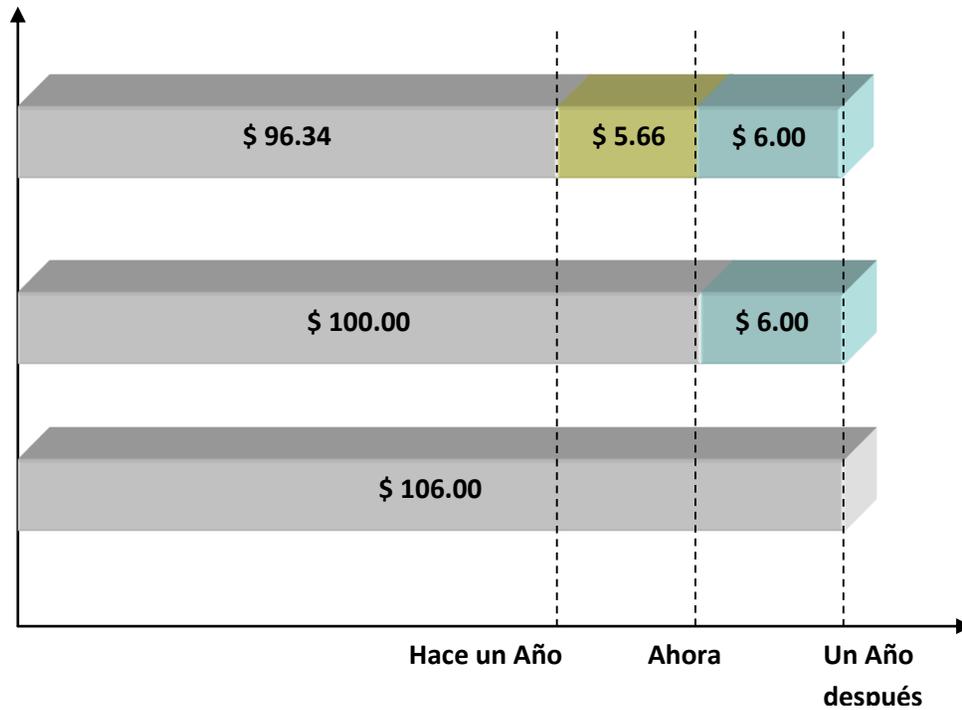
Los términos equivalentes se usan frecuentemente para pasar de una escala a otra (por ejemplo: de metros a pies, de kilogramos a libras, de litros a galones, etc.). Muchas medidas equivalentes son combinaciones de dos o más escalas (por ejemplo: kilómetros por hora a millas por hora).

En el caso del valor del dinero en el tiempo y la tasa de interés cuando se consideran juntos, permiten considerar el concepto de equivalencia económica, que implica que dos cantidades diferentes de dinero en diferentes tiempos pueden tener el mismo valor económico.

Por ejemplo, si consideramos una tasa de interés del 6% anual y una cantidad de \$ 100 hoy (tiempo presente), estos equivalen un año después a \$ 106.

$$\text{Cantidad Acumulada} = 100 + 100*(0.06) = 100 * (1 + 0.06) = \$ 106$$

De esta forma, si una persona nos hace un obsequio con un valor de \$ 100 el día de hoy o uno de \$ 106 pesos un año después, no habría diferencia entre un regalo y el otro, siempre y cuando consideráramos la tasa de interés (que podría ser por ejemplo la tasa de inflación) del 6% anual; es decir, las dos sumas de dinero son *equivalentes* entre sí cuando la tasa de interés es del 6% anual.


**FIGURA VII.3**

Además de la equivalencia futura, se puede aplicar la misma lógica para calcular la equivalencia para años anteriores. Así por ejemplo, un total de \$ 100 ahora equivale a  $\$ 100/1.06 = \$ 94.34$  hace un año a una tasa interés de 6% anual. De estos ejemplos se afirma lo siguiente: \$ 94.34 el año pasado, \$ 100.00 ahora y \$ 106.00 un año después son equivalentes a una tasa de interés de 6% anual.

La equivalencia de estas cantidades se verifica calculando las dos tasas de interés para periodos de interés de un año.

$$\frac{\$ 6}{\$ 100} \times 100\% = 6\% \text{ anual}$$

y

$$\frac{\$ 5.66}{\$ 94.34} \times 100\% = 6\% \text{ anual}$$

La figura VII.3 indica la cantidad de intereses necesaria cada año para que estas tres diferentes sumas sean equivalentes al 6% anual.

### VII.5.3 Interés simple y compuesto

Los términos *interés*, *periodo de interés* y *tasa de interés*, son necesarios en el cálculo de sumas de dinero equivalentes para un periodo de interés en el pasado y un periodo de interés en el futuro. Sin embargo, cuando hablamos de más de un periodo de interés, es necesario distinguir entre los términos de ***interés simple*** e ***interés compuesto***.

El interés simple se calcula utilizando exclusivamente el principal (capital original) e ignorando cualquier interés generado en los periodos de interés precedentes. El interés simple total durante varios periodos se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Interés Simple} = (\text{Principal}) (\text{Número de Periodos}) (\text{Tasa de Interés})$$

Donde la Tasa de Interés se expresa en forma porcentual (ver ejemplo VII.5 en el anexo VII.1).

En el caso del interés compuesto, el interés generado durante cada periodo de interés se calcula sobre el principal más el monto total del interés acumulado en todos los periodos anteriores. De esta forma, el interés compuesto es un interés sobre el interés devengado y acumulado. También refleja el efecto del valor del dinero en el tiempo sobre el interés causado.

El interés para un periodo en este caso se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Interés} = (\text{principal} + \text{todos los intereses acumulados}) (\text{tasa de interés})$$

Ver ejemplo VII.6 en el anexo VII.1.

#### Comentario

La diferencia entre el interés simple y el interés compuesto se incrementa cada año. Si continuamos haciendo cálculos por más años -10 por ejemplo- la diferencia es de \$ 12,890; después de 20 años el interés compuesto es de \$ 65,330 más que el interés simple.

Si \$ 763 no parece una diferencia significativa en sólo tres años –recordemos que la cantidad inicial son \$ 100,000- en la medida que ampliamos el horizonte de periodos de interés, el impacto de la tasa de interés compuesto se vuelve más importante, ya que de hecho el comportamiento del mismo responde a una función matemática de tipo exponencial.

En este sentido, otra forma más sencilla y directa de calcular el adeudo total después de 3 años en ejemplo II.6, consiste en combinar los cálculos en lugar de llevarlos a cabo año por año. El adeudo total por año sería el siguiente:

$$\text{Año 1: } \$ 100,000(1.05)^1 = \$ 105,000$$

$$\text{Año 2: } \$ 100,000(1.05)^2 = \$ 110,250$$

$$\text{Año 3: } \$ 100,000(1.05)^3 = \$ 115,763$$

Como podemos observar, el total del adeudo de los años 2 y 3 se calculan directamente, sin necesidad de calcular el periodo de interés inmediato anterior. Lo anterior expresado como un algoritmo general sería:

**Adeudo Total después de cierta cantidad de años = principal\*(1+tasa de interés)<sup>número de años</sup>**

La expresión anterior resulta fundamental –quizás la más importante- en el estudio y aplicación de la ingeniería económica.

Para demostrar que los distintos planes de pago de préstamos (o rendimientos sobre inversiones) pueden ser equivalentes aunque difieran sustancialmente en cuanto a monto de un año a otro, se combinan los conceptos de tasa de interés, interés simple y compuesto, y equivalencia. Lo anterior, también demuestra que existen varias formas de considerar el valor del dinero en el tiempo (ver ejemplo VII.7 en el anexo VII.1).

#### **VII.5.4 Terminología y símbolos.**

Los siguientes son términos y símbolos de uso común en los análisis de ingeniería económica:

**P** = Valor o cantidad de dinero en un momento denotado como presente o tiempo 0. También P recibe el nombre de Valor Presente (VP), Valor Presente Neto (VPN), Flujo de Efectivo Descontado (FED) y Costo Capitalizado (CC) –se expresa en unidades monetarias.

**F** = Valor o cantidad de dinero en un tiempo futuro. F también recibe el nombre de Valor Futuro (VF) –se expresa en unidades monetarias.

**A** = Serie de cantidades de dinero consecutivas, iguales y del final del periodo. **A** también se denomina *Valor Anual (VA)* y *Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)* –se expresa en unidades monetarias por unidad de tiempo (por año, por mes).

**n** = Número de periodos de interés: años, meses, días.

**i** = Tasa de interés o tasa de retorno por periodo –se expresa en porcentaje anual o porcentaje mensual.

**t** = Tiempo expresado en periodos: años, meses, días.

Para los efectos de esta guía, en lo posterior los símbolos *P* y *F* indican valores que se presentan una sola vez en el tiempo. *A* tiene el mismo valor una vez en cada periodo de interés durante un número específico de periodos.

Asimismo se da por supuesto que la tasa de interés *i* corresponde a una tasa de interés compuesto, a menos que se implique de manera específica que se trata de una tasa de interés simple. O bien a menos que se menciona de otra forma, se supondrá que la tasa se aplica durante los *n* años o periodos de interés.

### VII.5.5 Utilización de herramientas de apoyo en computadora.

La utilización de las funciones de una hoja de cálculo de computadora reduce considerablemente la cantidad de trabajo “a mano” o por calculadora que debe realizarse para determinar el interés compuesto, *P*, *F*, *A*, *i* y *n*.

Las capacidades de la hoja de cálculo electrónica frecuentemente permiten utilizar una función predeterminada en el valor económico incluido dentro de una celda y obtener de forma inmediata la respuesta final.

Por su difusión e indiscutible calidad, la hoja de cálculo más empleada a nivel mundial es la desarrollada por la empresa norteamericana Microsoft®, denominada Excel®. A continuación se presenta una descripción de cada una de las funciones de Excel® con respecto a los parámetros ***P***, ***F***, ***A***, ***i*** y ***n***:

- a) Para calcular el valor presente ***P***:  $PV(RATE, NPER, PMT, FV, Type)$
- b) Para calcular el valor futuro ***F***:  $FV(RATE, NPER, PMT, PV, Type)$
- c) Para calcular el valor periódico igual ***A***:  $PMT(RATE, NPER, PV, FV)$
- d) Para calcular el número de periodos ***n***:  $NPER(RATE, PMT, PV, FV)$
- e) Para calcular la tasa de interés compuesto ***i***:  $RATE(NPER, PMT, PV, FV, Type, Guess)$
- f) Para calcular la tasa de interna de retorno de una inversión ***TIR***:  $IRR(primera\_celda:última\_celda, Guess)$
- g) Para calcular el valor presente neto ***VPN*** de cualquier serie:  
 $NPV(RATE, segunda\_celda:última\_celda)$

Si alguno de los parámetros no se relaciona con un problema específico se le puede omitir y se le supondrá (o sea, la computadora supondrá) un valor de cero. Si el parámetro omitido es uno anterior, se debe introducir una coma. Las dos últimas funciones -f) y g)- requieren que se introduzca una serie de números en celdas contiguas de la hoja de cálculo; sin embargo, las primeras cinco funciones -a), b), c), d) y e)- se pueden emplear sin datos de apoyo. En todos los casos, la función debe ir precedida por un signo igual (=) en la celda donde aparecerá la respuesta.

Si consideramos el ejemplo VII.8 (ver anexo VII.1), en este se desconoce el valor futuro  $F$ , como lo indica  $F = ?$  que aparece en la solución. Para determinar  $F$  en este ejemplo utilizando una hoja de cálculo, tan sólo se introduce en cualquier celda la función VF precedida por un signo de igual (=).

El formato es el siguiente:

$$FV(RATE,NPER,PMT,PV, Type)$$

RATE = es la tasa de interés por período.

NPER = es el número total de períodos de pago en una anualidad.

PMT = es el pago que se efectúa cada período y que no puede cambiar durante la vigencia de la anualidad. Generalmente, el argumento pago incluye el capital y el interés pero ningún otro arancel o impuesto. Si se omite el argumento pago, se deberá incluir el argumento va.

PV = es el valor presente o el importe total de una serie de pagos futuros. Si el argumento va se omite, se considerará 0 (cero) y se deberá incluir el argumento pago.

Type = es el número 0 ó 1 e indica cuándo vencen los pagos. Si tipo se omite, se calculará como 0.

Defina Type como Si los pagos vencen

0 Al final del período

1 Al inicio del período

En nuestro ejemplo:

$$FV(8\%,5,100000)$$

La coma (,) se introduce en función de que no hay valor para PMT.

La respuesta es **-146,932.81**

En el ejemplo VII.9 (ver anexo VII.1) se busca el valor del monto anual uniforme  $A$  y se conocen los valores de  $P$ ,  $i$  y  $n$ . Determine  $A$  utilizando la función  $PMT(i\%,n,P)$ .

El formato es el siguiente:

$PMT(RATE,NPER,PV,FV,Type)$

$RATE$  = es el tipo de interés del préstamo.

$NPER$  = es el número total de pagos del préstamo.

$PV$  = es el valor presente o lo que vale ahora la cantidad total de una serie de pagos futuros, también se conoce como el principal.

$FV$  = es el valor futuro o un saldo en efectivo que desea lograr después de efectuar el último pago. Si el argumento  $vf$  se omite, se asume que el valor es 0 (es decir, el valor futuro de un préstamo es 0).

$Type$  = es el número 0 (cero) ó 1 e indica el vencimiento de los pagos.

Defina tipo como Si los pagos vencen

0 u omitido      Al final del período

1                      Al inicio del período

En nuestro ejemplo:

$PMT(7\%,10,20000)$

La respuesta es **-2,847.55**

### VII.5.6 Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento.

Para que una inversión sea rentable, el inversionista (persona física o moral) espera recibir una cantidad de dinero mayor a la que originalmente invirtió. En otras palabras, debe ser posible para éste obtener una *Tasa de Retorno* o de *Rendimiento* o *Rendimiento sobre la Inversión* (TMAR) atractivos (recordemos: "TR es la cantidad obtenida de dividir la ganancia entre la cantidad original).

En ingeniería económica, las alternativas se calculan con base en un pronóstico de TR razonable, por lo que se debe establecer una tasa razonable para la fase de elección de criterios en un estudio de este tipo.

La TMAR (en algunos casos se le conoce también como “Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva” o TREMA, o “Tasa base para Proyectos”), constituye el indicador de referencia para definir si un proyectos es o no atractivo financieramente para una determinada empresa u organismo, es decir, la TR esperada debe de ser igual o mayor que la TMAR o tasa base.

Debe destacarse que la TMAR no es una tasa que se calcula como TR. Este indicador normalmente es establecido por la alta dirección de la empresa privada u organismo público y se utiliza como criterio para valorar la TR de alguna alternativa en el momento de tomar decisiones de aceptación o rechazo.

Para tener una mejor comprensión del concepto de la TMAR y su definición en términos de valor, es necesario retomar el concepto de “Capital” y sus denominaciones alternas de: fondos de capital y de inversión de capital.

En términos generales el obtener capital siempre cuesta dinero en la forma de interés, mismo que establecido en la forma de tabla de porcentaje, recibe el nombre de costo de capital.

Por ejemplo, si usted desea comprar un equipo nuevo de sonido pero no cuenta con suficiente dinero (capital), podría obtener un préstamo con alguna institución de crédito con alguna tasa de interés -por ejemplo del 20% anual- y así pagar en efectivo al comerciante. O quizás utilice su tarjeta de crédito y decida pagar el saldo de manera paulatina en varios periodos mensuales, opción que podría costarle hasta un 38% de interés anual. O bien, podría utilizar los fondos de su propia cuenta de ahorros, que obtiene un rendimiento neto anual del 6%, y pagar en efectivo.

Las tasas del 20%, 38% y 6% constituyen sus estimaciones del costo de capital para incrementar el mismo y adquirir el equipo deseado por distintos métodos de financiamiento.

Por su parte, las corporaciones y muchas dependencias y organismos públicos calculan el costo de capital proveniente de diferentes fuentes para obtener los fondos y llevar a cabo proyectos de inversión o de otros tipos.

En términos generales, el capital puede ser obtenido por dos vías: por financiamiento del patrimonio y por financiamiento de deuda. Para la mayoría de los proyectos se acostumbra hacer una combinación de ambos.

**Financiamiento de Patrimonio.**- La Empresa o Gobierno utiliza sus propios fondos de efectivo a mano, ventas de existencias o utilidades acumuladas. Una persona física puede

utilizar su propio efectivo, ahorro o inversiones. En el ejemplo anterior, la utilización del dinero de la cuenta de ahorros con el 6% de rendimiento anual, representa un financiamiento de patrimonio.

**Financiamiento de Deuda.**- La Empresa o Gobierno obtiene préstamos de fuentes externas y reembolsa el principal y los intereses de acuerdo con un programa semejante al de los planes de la tabla II.3. Las fuentes de capital que se adeuda pueden ser bonos, préstamos, hipotecas, fondos de capital de riesgo, *cuasicapital* y algunos más. Por su parte, los individuos pueden usar fuentes de préstamos tales como tarjetas de crédito, crédito comercial, préstamos de sofoles, etc.

De la combinación que pueda presentarse del financiamiento de patrimonio y del financiamiento de la deuda resulta un *Costo Promedio Ponderado de Capital (CPPC)*. Por ejemplo, si el equipo de sonido mencionado se adquiriera de la siguiente forma:

- |                       |            |                              |
|-----------------------|------------|------------------------------|
| i. Tarjeta de Crédito | 40 % Valor | 38% de interés nominal anual |
| ii. Cuenta de Ahorros | 60% Valor  | 6% de interés nominal anual  |

Entonces el CPPC de esta operación sería

$$0.4(38\%) + 0.6(6\%) = 18.8 \% \text{ anual}$$

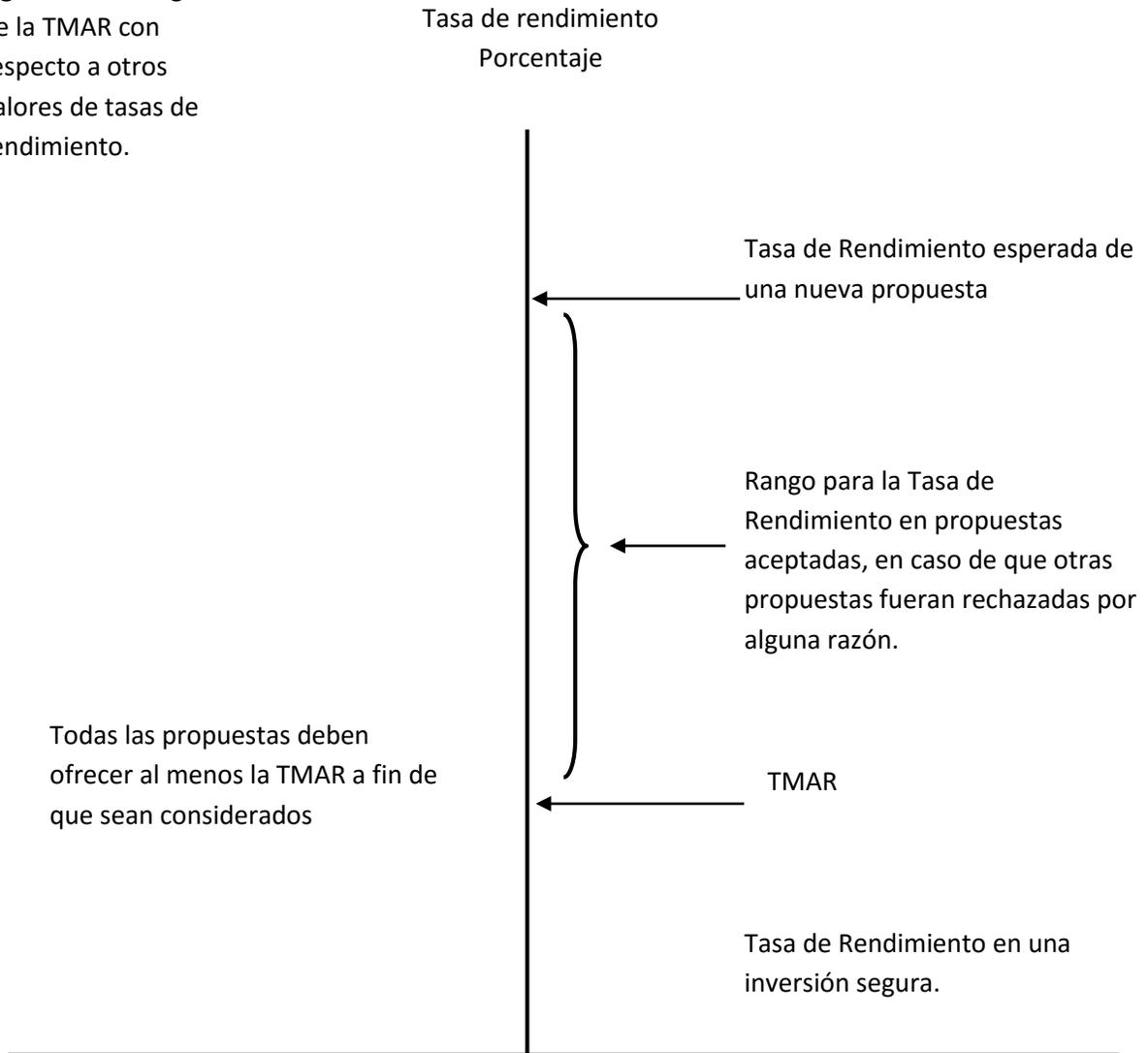
Para una Empresa (incluso pública), la TMAR utilizada como criterio para aceptar o rechazar una alternativa, siempre será superior el CPPC con el que la misma debe cargar para obtener los fondos de capital necesarios.

Por lo tanto, la desigualdad

$$TR \geq TMAR > \text{Costo de Capital}$$

debe satisfacerse para un proyecto aceptado.

**Fig. VII.4** Magnitud de la TMAR con respecto a otros valores de tasas de rendimiento.



Existen algunos casos excepcionales para las empresas, como algunas normativas gubernamentales (seguridad, protección ambiental, legislación, etc.), o bien empresas de alto riesgo y muy lucrativas, etc. Asimismo, para el caso de las dependencias y organismos públicos, pueden presentarse cuestiones de carácter político, social y de seguridad nacional, entre otros.

Por otro lado, aun cuando existan varias alternativas que arrojen una TR que exceda la TMAR (ver Fig. VII.4), probablemente no habrá suficiente capital disponible para todos, o quizás el riesgo del proyecto se considere muy alto para aprovechar la oportunidad de invertir.

### VII.5.7 Flujos de Efectivo: estimación y diagramación.

En el capítulo I se describieron los flujos de efectivo como las entradas y salidas de dinero. Estos flujos pueden ser estimaciones o valores observados. Toda persona o empresa (o gobierno) cuenta con entradas de efectivo –rendimientos e ingresos (entradas); y desembolsos de efectivo –gastos y costos (salidas)-. Estas entradas y desembolsos constituyen los flujos de efectivo.

Con un signo más (+) se representan las entradas de efectivo y con un signo menos (-) las salidas. Los flujos de efectivo ocurren durante periodos específicos, tales como un mes, un año o múltiples años.

De todos los elementos del enfoque de un estudio de ingeniería económica (Fig. I.1), la estimación de los flujos de efectivo es probablemente la más difícil e inexacta. Las estimaciones de flujo de efectivo, son sólo eso: estimaciones relativas a un futuro incierto.

Una vez estimados dichos flujos, las técnicas de evaluación económica orientan en el proceso de toma de decisiones, sin embargo, la exactitud probada con el tiempo de las estimaciones de entradas y salidas de efectivo de una alternativa claramente determina la calidad del análisis económico y su conclusión.

*Las entradas de efectivo* o ingresos, pueden constar de los siguientes elementos, dependiendo de la naturaleza de la actividad propuesta y de la clase de negocio que se emprenda.

#### **Ejemplos de entradas de efectivo (estimación)**

- Ingresos (por lo general incrementales provenientes de una alternativa).
- Reducciones en los costos de operación (atribuibles a una alternativa).
- Valor de salvamento de activos.
- Recepción del principal de un préstamo.
- Ahorros en impuestos, cuotas o penalizaciones.
- Ingresos provenientes de la venta de acciones y bonos.
- Ahorros en costos de construcción e instalaciones.
- Ahorros o rendimiento de los fondos de capital corporativo.
- Etc.

*Las salidas de efectivo* o desembolsos, pueden estar constituidas por los siguientes elementos, dependiendo nuevamente de la naturaleza de la actividad y del tipo de negocio.

### Ejemplos de salidas de efectivo (estimación)

- Costo de adquisición de activos.
- Costos de diseño de ingeniería.
- Costos de operación (anual e incremental).
- Costos de mantenimiento periódico y de remodelación.
- Pagos del interés y del principal de un préstamo.
- Costos de actualización (esperados o no esperados).
- Impuestos, cuotas o penalizaciones.
- Gasto de fondos de capital corporativos.
- Etc.

La información necesaria para la estimación de los flujos de efectivo provienen de distintas áreas organizaciones dentro de las empresas u organismos públicos y la precisión de dichas estimaciones depende en gran medida del conocimiento y experiencia de la persona que realiza la estimación con situaciones similares.

Una vez que se llevan a cabo las estimaciones de entradas y salidas de efectivo, es posible determinar el flujo de efectivo neto.

$$\text{Flujo de Efectivo Neto} = \text{Ingresos} - \text{Desembolsos}$$

ó

$$\text{Flujo de Efectivo Neto} = \text{Entradas de Efectivo} - \text{Salidas de Efectivo}$$

Puesto que los flujos de efectivo normalmente tienen lugar en puntos variables del tiempo dentro de un periodo de interés, se adopta por convención un supuesto que simplifica el análisis.

*“La Convención de Final de periodo implica la suposición de que todos los flujos de efectivo ocurren al final de un periodo de interés. Si varios ingresos y desembolsos se llevan a cabo dentro de un periodo de interés determinado, se da por supuesto que el flujo de efectivo neto ocurre al final del periodo de interés.”*

Lo anterior no debe confundirse con que en el caso de análisis multianuales el final del periodo sea necesariamente el 31 de diciembre de cada año.

### VII.5.8 Diagrama de Flujo de Efectivo

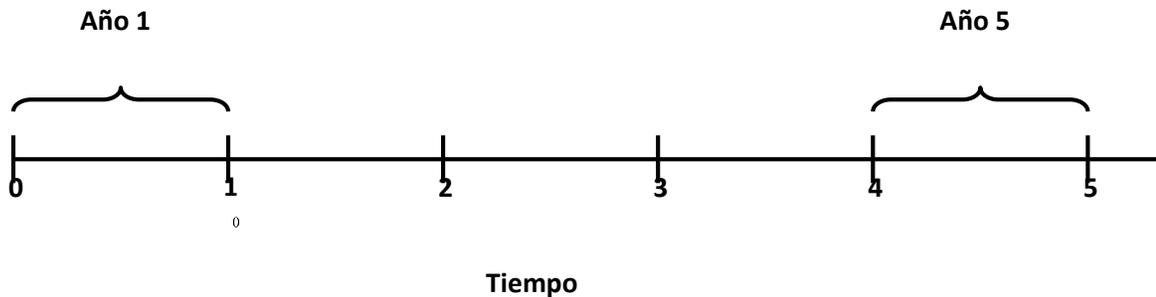
El diagrama de flujo de efectivo constituye una herramienta muy importante en un análisis económico, en particular cuando la serie de flujo de efectivo es compleja. Se trata de una

representación gráfica de los flujos de efectivo trazados sobre una escala de tiempo. El diagrama incluye los datos conocidos, los datos estimados y la información que se necesita. Es decir, que una vez que el diagrama de flujo de efectivo se encuentra completo, otra persona debería ser capaz de abordar el problema a partir del mismo.

El tiempo del diagrama de flujo  $t = 0$  es el presente, y  $t = 1$  es el final del periodo 1 y así, sucesivamente. La escala de tiempo de la siguiente figura abarca 5 años.

**Fig. VII.5**

Escala típica de tiempo  
de flujo de efectivo  
durante 5 años.



Para observar la forma en que se aplica la hoja de cálculo de Excel® para obtener los valores futuros equivalentes usando interés simple y compuesto y estimaciones de flujos de efectivo variables, se recomienda ver el ejemplo VII.13 en el anexo VII.1.

## VII.6 Metodologías de Evaluación Económica de Proyectos de Eficiencia Energética (PEE's)

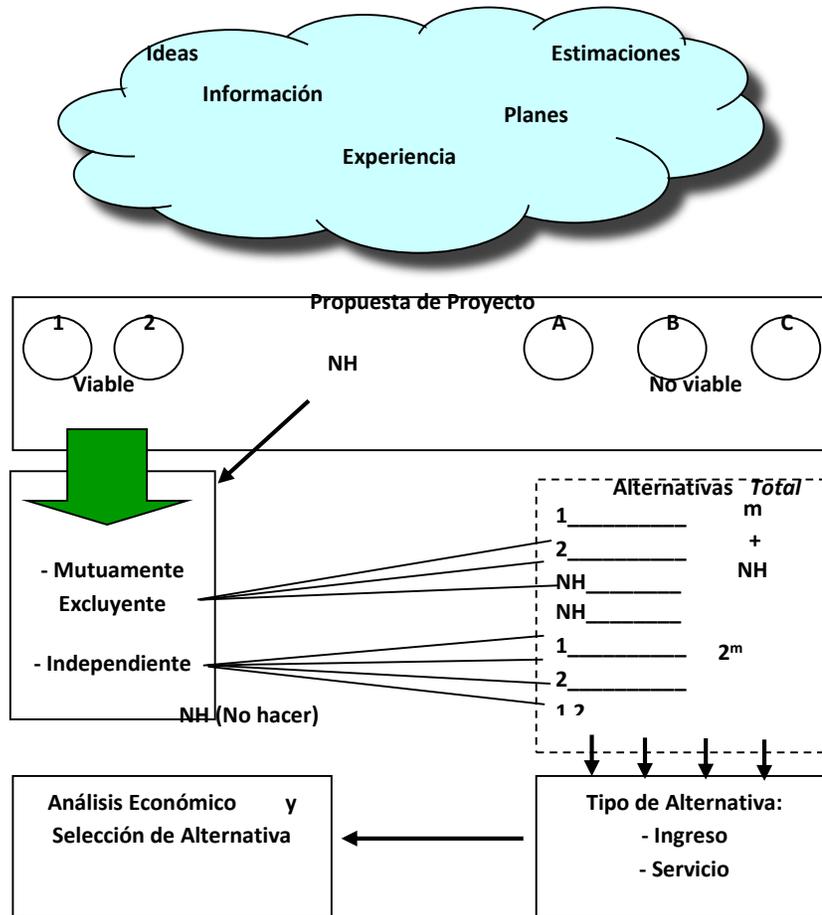
Dentro del proceso de toma de decisiones en un estudio de ingeniería económica, es necesario categorizar cada proyecto de acuerdo a su característica de ejecución como:

**Mutualmente excluyente.**- *Donde solamente uno de los proyectos viables puede seleccionarse* mediante un análisis económico. Cada proyecto viable constituye así una alternativa.

**Independiente.**- *Donde más de un proyecto viable puede seleccionarse* en un análisis económico (Pudieran existir proyectos dependientes que requieran un proyecto específico por seleccionar antes que otro, y un proyecto de contingencia donde un proyecto se sustituiría por otro).

La opción de *No Hacer* (NH) regularmente se entiende como una alternativa cuando se realiza la evaluación, y se requiere que se elija una de las alternativas definidas no se considera como una opción. La selección de una alternativa de “no hacer” se refiere a que se mantiene el enfoque actual, y no se inicia algo nuevo; ningún costo nuevo, ingreso o ahorro se genera por dicha alternativa NH.

**Fig.VII.6**



Las alternativas mutuamente excluyentes compiten entre sí durante el proceso de evaluación, de forma tal que si no se considera aceptable una alternativa mutuamente excluyente, es posible rechazar todas las alternativas y aceptar -por eliminación- la alternativa de No Hacer.

Por último, es necesario reconocer la naturaleza o tipo de alternativas, antes de comenzar una evaluación. El flujo de efectivo determina si las alternativas tienen su base en el ingreso o en el servicio. Todas las alternativas evaluadas en un estudio particular de ingeniería económica deberán ser del mismo tipo.

**De Ingreso.-** *Cada alternativa genera costo (o desembolso) e ingreso (o entrada), estimados en el flujo de efectivo y posibles ahorros.* Los ingresos dependen de la alternativa que se seleccionó. Estas alternativas usualmente incluyen nuevos sistemas, productos y aquello que requiera capital de inversión para generar ingresos y/o ahorros. La adquisición de equipo nuevo para incrementar la productividad y las ventas en una alternativa de ingreso.

**De Servicio.-** *Cada alternativa tiene sólo costos estimados en el flujo de efectivo.* Los ingresos o ahorros no son dependientes de la alternativa seleccionada, de manera que estos flujos de efectivo se consideran iguales, como en el caso de las iniciativas del sector público, que se administrarán por mandato legal, desarrollo social o por mejoras a la seguridad. Con frecuencia se justifica un mejoramiento, aunque los ingresos o ahorros anticipados no sean estimables; en este caso la evaluación se basa sólo en estimados de costo.

Las pautas para la selección de alternativas a partir de los métodos que a continuación se presentan, están diseñadas para ambos tipos de alternativas.

### VII.6.1 Análisis del Valor Presente

El análisis de *valor presente*, que en lo posterior denominaremos como **VP**, se calcula a partir de la tasa mínima atractiva de rendimiento de cada alternativa evaluada. El método de valor presente es muy popular debido a que los gastos o los ingresos se transforman en dinero (pesos, dólares, euros, etc.) de ahora. Es decir, todos los flujos de efectivo asociados con una alternativa **se convierten en pesos de hoy**. En esta forma, resulta muy fácil percibir la ventaja de una alternativa sobre otra.

#### Análisis VP de alternativas con vidas iguales

La comparación de alternativas con vidas iguales utilizando el método de *VP* es bastante directa. Si se utilizan ambas alternativas en capacidades idénticas para el mismo periodo de tiempo, estas reciben el nombre de alternativas de servicio igual.

Cuando las alternativas mutuamente excluyentes implican sólo desembolsos (servicio) o ingresos y desembolsos (ganancia), se aplican los siguientes lineamientos para seleccionar una alternativa:

Una alternativa.- Calcule el *VP* a partir de la TMAR. Si  $VP \geq 0$ , se alcanza o se excede la tasa mínima atractiva de rendimiento, entonces la alternativa es financieramente viable.

Dos o más alternativas. Determine el *VP* de cada alternativa usando la TMAR. Seleccione aquella con el valor *VP* que sea mayor en términos numéricos, es decir, menos negativo o más positivo, indicando un *VP* menor en costos de flujos de efectivo o un *VP* mayor de flujos de efectivo netos de entradas menos desembolsos.

<b>VP<sub>1</sub></b>	<b>VP<sub>2</sub></b>	<b>Alternativa Seleccionada</b>
\$-1,500	\$-500	2
-500	+1,000	2
+2,500	-500	1
+2,500	+1,500	1

Si los proyectos son independientes, la directriz de la selección es la siguiente:

Para uno o más proyectos independientes, elija todos los proyectos con  $VP > 0$  calculado con la TMAR.

Esto compara cada proyecto con la alternativa de no hacer. Los proyectos deberán tener flujos de efectivo positivos y negativos. Para obtener un valor  $VP$  que exceda de cero, deberán tratarse de proyectos de ingresos.

Un análisis de  $VP$  requiere una TMAR para utilizarse como el valor  $i$  en todas las relaciones de  $VP$ .

### **Análisis $VP$ de alternativas con vida diferente**

Cuando el método de valor presente se utiliza para comparar las alternativas mutuamente excluyentes que poseen vidas diferentes, se sigue el procedimiento de la sección anterior con una excepción:

“El  $VP$  de las alternativas deberá compararse sobre el mismo número de años.”

Esto es necesario ya que la comparación del valor presente implica calcular el  $VP$  equivalente de flujos de efectivo futuros en cada alternativa. Una comparación justa puede realizarse sólo cuando los valores de  $VP$  representan costos (e ingresos) asociados con igual servicio. Al no comparar igual servicio siempre favorecerá a la alternativa de vida más corta (para costos), aún si no es la más económica, ya que se involucran periodos más breves de costos. El requerimiento de igual servicio puede satisfacerse por cualquiera de los siguientes dos enfoques:

- i. Compare las alternativas durante un periodo de tiempo igual al mínimo común múltiplo (MCM) de sus vidas útiles.
- ii. Compare las alternativas usando un periodo de estudio de  $n$  cantidad de años, que no necesariamente tome en consideración las vidas útiles de las alternativas; a este método se le conoce como el *Enfoque del Horizonte de Planeación*.

En cualquier caso, el VP de cada alternativa se calcula a partir de la TMAR y la directriz para realizar la selección será la misma que la de las alternativas con vida igual. El enfoque del MCM automáticamente hace que los flujos de efectivo para todas las alternativas se extiendan para el mismo periodo de tiempo. Por ejemplo, las alternativas con vidas esperadas de dos y tres años se comparan para un periodo de tiempo de seis años. Tal procedimiento requiere que las suposiciones se realicen respecto de los ciclos de vida subsecuentes de las alternativas.

Las suposiciones del análisis VP con alternativas de vida diferente son las siguientes:

- El servicio ofrecido por las alternativas será necesario para el MCM de años o más.
- La alternativa seleccionada se repetirá durante cada ciclo de vida del MCM exactamente de la misma forma.
- Los estimados de flujo de efectivo serán los mismos en cada ciclo de vida.

La tercera suposición sólo será válida cuando se espera que los flujos de efectivo varíen exactamente de acuerdo con el índice de inflación (o deflación), el cual se aplica al periodo de tiempo del MCM.

Si se espera que los flujos de efectivo varíen por cualquier otro índice, entonces el análisis de VP deberá realizarse utilizando un valor constante en pesos o dólares.

Un análisis de VP sobre el MCM requiere que el valor de salvamento estimado se incluya en cada ciclo de vida, para lo cual deberá contemplarse un valor de mercado.

El horizonte de tiempo escogido deberá ser relativamente corto, en especial cuando las metas de negocio a corto plazo son muy importantes. El enfoque del periodo de estudio a menudo se utiliza en el análisis de reemplazo; también es útil cuando el MCM de las alternativas da como resultado un periodo de evaluación irreal, por ejemplo, 5 y 9 años.

## Tasa de Retorno: % o Tasa de Interés Obtenida del saldo no recuperado de una inversión - 2

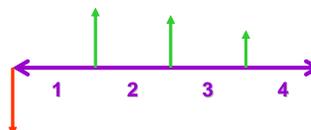
**Valor Presente neto: Mide la cantidad de VALOR QUE SE AGREGA al realizar una inversión.**

Considera el valor del dinero en el tiempo al asignarle un "COSTO DE OPORTUNIDAD" (i.e. Rendimiento del mercado, tasa mínima de retorno, valor personal,...)

Ejemplo: realizo una inversión de USD1.0 MM, con ingresos estimados de acuerdo a tabla:

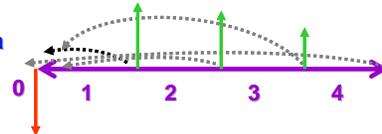
Año	Ingreso:
1	400
2	370
3	240
4	220

**¿FUE "NEGOCIO" ESTA INVERSIÓN ?**



## Retorno Obtenido a Partir de Una Tasa o Costo de Oportunidad por el Uso de Recursos. Se Obtiene: \$

Planteamiento: invirtiendo AHORA y recuperando diversos montos cada año, ¿cuanto generó esta inversión, con tasa de mercado del 8% ?



$$\text{Fórmula: } V.P.N = - 1.0 + 0.4 (P/F, 8\%, 1) + 0.37(P/F, 8\%, 2) + 0.24(P/F, 8\%, 3) + 0.22(P/F, 8\%, 4)$$

$$V.P.N = - 1.0 + 0.4 (P/F, 8\%, 1) + 0.37(P/F, 8\%, 2) + 0.24(P/F, 8\%, 3) + 0.22(P/F, 8\%, 4) = 0.0398$$

Como  $V.P.N > 0$  ..... SI ES NEGOCIO

¿ Cuánto generó esta inversión, con tasa de mercado del 12% ?

$$V.P.N = - 1.0 + 0.4 (P/F, 12\%, 1) + 0.37(P/F, 12\%, 2) + 0.24(P/F, 12\%, 3) + 0.22(P/F, 12\%, 4) = -0.0372$$

Como  $V.P.N < 0$  ..... NO ES NEGOCIO

### VII.6.2 Análisis de Valor Futuro

El valor futuro  $VF$  de una alternativa puede determinarse directamente del flujo de efectivo mediante el establecimiento del valor futuro, o al multiplicar el VP por el factor  $F/P$ , a partir de la  $TMAR$  establecida. Por lo tanto, es una extensión del análisis del valor presente. El valor  $n$  en el factor  $F/P$  depende del periodo de tiempo que se utiliza para determinar el VP, el valor del MCM o un periodo de estudio específico.

El análisis de una alternativa, o la comparación de dos o más, usando el valor futuro es especialmente aplicable a decisiones con grandes capitales de inversión, cuando el objetivo principal es maximizar la futura prosperidad de los accionistas de una corporación.

El análisis de valor futuro se utiliza frecuentemente si el activo (llámese equipo, corporación, edificio, etc.), se vende o cambia algún tiempo después de haber sido puestos en marcha o adquiridos pero antes de que se alcance el término de su vida útil.

Un  $VF$  en un año intermedio estimará el valor de la alternativa al momento de su venta o desecho. Suponga que un empresario desea adquirir una empresa y al término de tres años desea venderla. El mejor método para venderla o conservarla sería el análisis del  $VF$ .

Otra aplicación para el análisis  $VF$  es en proyectos que producirán hasta el final del periodo de inversión. Las alternativas como instalaciones de generación eléctrica,

carreteras de peaje, hoteles y otras similares pueden evaluarse utilizando el VF de compromisos de inversión hechos durante la construcción.

Una vez que se determina el VF, las directrices para seleccionar son las mismas que con el análisis de VP;  $VF \geq 0$  significa que se logrará o se excederá la TMAR –para el caso de caso de una alternativa. Para el caso de dos o más alternativas mutuamente excluyentes, se debe seleccionar aquella con el VF mayor en términos numéricos.

### VII.6.3 Cálculo y análisis del Costo Capitalizado

El costo capitalizado (CC) se refiere al valor presente de una alternativa cuya vida útil se supone durará para siempre. Algunos proyectos de obras públicas tales como puentes, diques, sistemas de irrigación y vías de ferrocarril se encuentran dentro de esta categoría. Además los fondos permanentes de universidades o de organizaciones filantrópicas se evalúan utilizando métodos de costo capitalizado.

La fórmula para calcular el CC se deriva del factor  $P = A(P/A, i, n)$ , donde  $n = \infty$ .

La ecuación para  $P$  utilizando el factor  $P/A$  es:

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Si el numerador y el denominador se dividen entre  $(1+i)^n$

$$P = A \left[ \frac{1}{\frac{(1+i)^n}{i}} \right]$$

Si  $n$  se aproxima a  $\infty$ , el término entre corchetes se convierte en  $1/i$  y el símbolo CC reemplaza a VP y P.

$$CC = \frac{A}{i}$$

Si A es el valor anual (VA) calculado determinado a través de cálculos de equivalencia de flujo de efectivo durante n número de años, el valor del CC es

$$CC = \frac{VA}{i}$$

La validez de la ecuación anterior se ejemplifica al considerar el valor del dinero en el tiempo. Si \$ 10,000 tienen un rendimiento anual del 20%, con compuesto anual, la cantidad máxima de dinero que se puede retirar cada año por siempre, será de \$ 2,000 o sea, el interés acumulado cada año. Esto permite que los \$ 10,000 originales ganen interés para que otros \$ 2,000 se acumulen en el próximo año. Matemáticamente la cantidad A de dinero generado cada periodo de interés consecutivo para un número infinito de periodos es:

$$A = Pi = CC(i)$$

#### VII.6.4 Análisis del Periodo de Recuperación

El análisis de recuperación (también llamado análisis de reposición) es otra variante del método del valor presente. La recuperación puede tomar dos formas: una para  $i > 0\%$  (también llamado análisis de recuperación descontado) y otra para  $i = 0\%$ .

El periodo de recuperación  $n_p$  es el tiempo estimado, generalmente en años, que tomará para que los ingresos estimados y otros beneficios económicos recuperen la inversión inicial y una tasa de rendimiento establecida. El valor  $n_p$  generalmente no es número entero y resulta importante recordar lo siguiente:

El periodo de recuperación  $n_p$  nunca debería utilizarse como una medida primaria de valor para seleccionar una alternativa. Es útil para una depuración inicial o información complementaria junto con un análisis utilizando el VP u otro método.

El periodo de recuperación deberá calcularse utilizando un rendimiento requerido que sea mayor al 0%, sin embargo, en la práctica, el periodo de recuperación a menudo se determina con un requerimiento de no rendimiento ( $i = 0\%$ ), para depurar inicialmente el proyecto y determinar si garantiza mayor atención.

Para determinar el periodo de recuperación descontando a una tasa establecida de  $i > 0\%$ , se debe seguir la siguiente expresión:

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{n_p} FEN_t(P/F, i, t)$$

Para un análisis de recuperación sin rendimiento (periodo simple de recuperación) la expresión se reduce a:

$$0 = -P + \sum_{t=0}^{n_0} FEN_t$$

Y finalmente, cuando se tiene una serie uniforme de flujo neto de efectivo:

$$n_p = \frac{P}{FEN}$$

### VII.6.5 Análisis del Valor Anual

En muchos estudios de ingeniería económica el método del VA es el más recomendable en comparación con el VP, el VF y la TIR, ya que el VA, es el valor anual uniforme equivalente de todos los ingresos y desembolsos, estimados durante el ciclo de vida del proyecto o alternativa.

El VA, que posee el mismo significado que el valor A, es el equivalente de los valores VP y VF en la TMAR para n años. Los tres valores se pueden calcular fácilmente, uno a partir del otro, por medio de la fórmula:

$$VA = VP(A/P, i, n) = VF(A/F, i, n)$$

El valor n en los factores representa el número de años para la comparación de alternativas de servicio igual. Este el MCM del periodo de estudio establecido del análisis del VP o VF.

Cuando las estimaciones del flujo de efectivo se convierten a un VA, este valor se aplica a cada año del ciclo de vida y para cada año de ciclo de vida adicional. De hecho, una ventaja de interpretación y de cálculo radica en que el VA debe calcularse exclusivamente para un ciclo de vida. Por lo tanto, no es necesario emplear el MCM de las vidas, como en el caso del VP y del VF.

Por lo tanto, el cálculo del VA durante el ciclo de vida de una alternativa, determina el VA para todos los ciclos de vida futuros. Como en el caso del VP, existen tres supuestos fundamentales del método del VA que deben entenderse.

Cuando las alternativas que se comparan tienen vidas diferentes, se establecen los siguientes supuestos en el método del VA:

- i. Los servicios proporcionados se requieren para un futuro indefinido (para siempre).

- ii. La alternativa elegida se repetirá para los ciclos de vida subsecuentes exactamente de la misma forma que para el primer ciclo de vida.
- iii. Todos los flujos de efectivo tendrán los mismos valores calculados en cada ciclo de vida.

Cálculo de la recuperación de capital y de valores del VA.

Cada alternativa debe tener las siguientes estimaciones de flujos de efectivo:

- Inversión Inicial P.
- Valor de Salvamento S (valor de los activos al término de su vida útil.
- Cantidad anual A (costos exclusivamente para alternativas de servicio; costos y entradas para alternativas de ingreso).

El valor anual (VA) para una alternativa está conformado por dos elementos: La recuperación del capital para la inversión inicial P a una tasa de interés establecida (por lo general la TMAR) y la cantidad anual equivalente A. Las siglas RC se emplean para indicar el elemento relativo a la recuperación del capital. En forma de ecuación se tiene que

$$VA = -RC - A$$

Tanto RC como aparecen negativos en virtud de que representan costos. La cantidad anual total A se determina a partir de los costos periódicos uniformes (y posiblemente ingresos) y cantidades no periódicas.

La recuperación de una cantidad P de capital comprometida en un activo, más el valor del capital en el tiempo a una tasa de interés particular, constituye un principio fundamental del análisis económico:

*“La recuperación del capital es el costo anual equivalente de la posesión del activo más el rendimiento sobre la inversión inicial.”*

El factor A/P se utiliza para convertir P a un costo anual equivalente. Si hay un valor de salvamento positivo anticipado S al final de la vida útil del activo, su valor anual equivalente se elimina mediante el factor A/F. Esto reduce el costo anual equivalente de posesión del activo. Así la RC es igual a

$$RC = -[P(A/P, i, n) - S(A/F, i, n)]$$

### Alternativas de Evaluación mediante el Análisis del Valor Anual

El método del valor anual por lo común es la técnica de evaluación más sencilla de llevar a cabo cuando se especifica la TMAR. La alternativa elegida posee el menor costo anual equivalente (alternativas de servicio) o el mayor ingreso equivalente (alternativas de ingresos). Esto implica que las directrices de elección son las mismas que en el caso del método del VP, salvo que se emplea el VA.

Para alternativas mutuamente excluyentes, calcule el VA usando la TMAR

- Una alternativa:  $VA \geq 0$ , la TMAR se alcanza o se rebasa.
- Dos o más alternativas: se elige el costo mínimo o el ingreso máximo reflejados en el valor VA (numéricamente más grande).

### **VII.6.6 Análisis de Tasa de Rendimiento**

Desde la perspectiva de una persona que ha recibido un dinero en préstamo, la tasa de interés se aplica al saldo no pagado, de manera que la cantidad prestada y el interés total se pagan en su totalidad con el último pago del préstamo.

Desde la perspectiva de quien otorga el préstamo, existe un saldo no recuperado en cada periodo de tiempo. La tasa de interés es el rendimiento sobre el saldo no recuperado, de manera que la cantidad total prestada y el interés se recuperan en forma exacta con el último pago. La tasa de rendimiento define ambas situaciones.

Tasa de Rendimiento (TR) es la tasa pagada sobre el saldo no pagado del dinero obtenido en préstamo, o la tasa ganadora sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma que el pago o entrada final iguala el saldo exactamente a cero con el interés considerado.

La tasa de rendimiento está expresada como un porcentaje por periodo, por ejemplo  $i = 10\%$  anual. Esta se expresa como un porcentaje positivo; no se considera el hecho de que el interés pagado sobre un préstamo sea en realidad una tasa de rendimiento negativa desde la perspectiva del prestatario. El valor numérico de  $i$  puede oscilar en un rango entre  $-100\%$  hasta el infinito. En términos de una inversión, un rendimiento de  $-100\%$  significa que se ha perdido la cantidad completa invertida.

La definición anterior no establece que la tasa de rendimiento sea sobre la cantidad inicial de inversión, sino más bien sobre el saldo no recuperado, el cual varía con cada periodo de tiempo.

Cálculos de la Tasa de Rendimiento utilizando una ecuación de VP o de TA

Para determinar la tasa de rendimiento en una serie de flujo de efectivo se utiliza la ecuación TR con relaciones de VP o VA. El valor presente de los costos o desembolsos  $VP_D$  se iguala al valor presente de los ingresos o recaudación  $VP_R$ . En forma equivalente, ambos pueden restarse e igualarse a cero. Se resuelve para  $i$  usando:

$$VP_D = VP_R \dots\dots\dots (a)$$

o

$$0 = -VP_D + VP_R$$

El enfoque de valor anual utiliza los valores VA en la misma forma para resolver  $i$ .

$$VA_D = VA_R \dots\dots\dots (b)$$

o

$$0 = -VA_D + VA_R$$

El valor de  $i$  que hace que estas ecuaciones numéricas sean correctas se llama  $i^*$ . Es la raíz de la relación TR. Para determinar si la serie de flujo de efectivo de la alternativa es viable, se debe comparar la  $i^*$  con la TMAR establecida.

Si  $i^* > TMAR$ , acepte la alternativa como económicamente viable.

Si  $i^* < TMAR$ , la alternativa no es económicamente viable.

Formas de calcular la  $i^*$

- Utilizando ensayo y error manual.- El procedimiento general de emplear una ecuación basada en VP es el siguiente:
  1. Trace un diagrama de flujo de efectivo
  2. Formule la ecuación de tasa de rendimiento en la forma de la ecuación (a)
  3. Seleccione valores de  $i$  mediante ensayo y error hasta que esté equilibrada la ecuación.
  
- Por computadora.- El camino más rápido para determinar un valor de  $i^*$  es por computadora, cuando existe una serie de flujos de efectivo iguales (serie A), es aplicar la función TASA. Se trata de una poderosa función de una celda, donde es aceptable tener un valor de  $P$  separado en el año 0 y un valor  $F$  en el año  $n$ . El formato es

### TASA( $n, A, P, F$ )

El valor  $F$  no incluye el valor de la serie  $A$ .

Cuando los flujos de efectivo varían de un año a otro, la mejor forma de encontrar la  $i^*$  es ingresar los flujos de efectivo netos en celdas contiguas (incluyendo cantidades iguales a \$0) y aplicar la función TIR en cualquier celda. El formato es

### TIR(primer\_celda:última\_celda, estimado)

Donde “estimado” es el valor  $i$  en que la computadora inicia la búsqueda de  $i^*$ .

El procedimiento con base en VP para el análisis de sensibilidad y una estimación gráfica del valor  $i^*$  es como se indica a continuación:

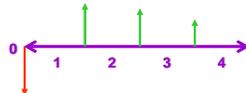
- Elabore un diagrama de flujo de efectivo.
- Formule la ecuación de tasa de rendimiento en la forma de la ecuación (a)
- Ingrese a la hoja de cálculo los valores del flujo de efectivo en celdas contiguas.
- Desarrolle la función TIR para desplegar  $i^*$ .
- Use la función VNA para desarrollar una gráfica de VP contra valores de  $i$ . De esta forma se aprecia gráficamente el valor  $i^*$  para el cual  $VP = 0$ .

**Tasa Interna de Retorno/Rendimiento (TIR):** Calcula la tasa de interés equivalente entre EGRESOS E INGRESOS de tal forma que se obtenga un Valor Presente Neto = 0

Ejemplo: realizo una inversión de USD1.0 MM, con ingresos estimados de acuerdo a tabla:

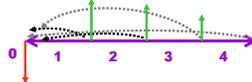
Año	Ingreso:
1	400
2	370
3	240
4	220

¿FUE “NEGOCIO”  
ESTA INVERSIÓN ?



**Tasa de Retorno: % o Tasa de Interés Obtenida del Saldo no Recuperado de Una Inversión - 1**

Planteamiento: invirtiendo AHORA y recuperando diversos montos cada año, ¿cuánto generó esta inversión, en % ?



$$\text{Fórmula: } 1.0 = 0.4(P/F, i\%, 1) + 0.37(P/F, i\%, 2) + 0.24(P/F, i\%, 3) + 0.22(P/F, i\%, 4)$$

$$-1.0 + 0.4(P/F, i\%, 1) + 0.37(P/F, i\%, 2) + 0.24(P/F, i\%, 3) + 0.22(P/F, i\%, 4) = 0$$

Solución: prueba y error hasta encontrar la equivalencia, o que el resultado = 0

$$i = 8\%: -1.0 + 0.370 + 0.317 + 0.190 + 0.161 = 0.0398$$

$$i = 12\%: -1.0 + 0.357 + 0.295 + 0.171 + 0.140 = -0.0372$$

$$i = 10\%: -1.0 + 0.364 + 0.306 + 0.180 + 0.150 = 0.0$$

T.I.R. = 10.0 %

vs  $i_{\text{mercado}} = 8\%$

Si fue negocio

### VII.6.7 Análisis Beneficio/Costo y Economía del Sector Público

La razón beneficio costo se considera el método de análisis fundamental para proyectos del sector público. El análisis B/C se creó para asignar mayor objetividad a la economía del sector público, como una respuesta del Congreso de los Estados Unidos que aprobó el Acta de Control de Inundaciones de 1936. Existen diversas variaciones de la razón B/C; sin embargo, el enfoque fundamental es el mismo.

Todos los cálculos de costos y beneficios deberán convertirse a unidad monetaria de equivalencia común (VP, VA o VF) a la tasa de descuento (tasa de interés). La razón convencional B/C se calcula de la siguiente manera:

$$\text{B/C} = \frac{\text{VP de beneficios}}{\text{VP de costos}} = \frac{\text{VA de beneficios}}{\text{VA de costos}} = \frac{\text{VF de beneficios}}{\text{VF de costos}} \dots\dots\dots (a)$$

Las equivalencias para valor presente y valor anual se utilizan más que las de valor futuro. La convención de signos para el análisis B/C consiste en signos positivos; así, los costos irán precedidos por un signo +. Cuando se calculan los valores de salvamento, se deducen de los costos. Los contra beneficios se consideran de diferentes maneras, dependiendo del modelo que se utilice.

Más comúnmente, los contra beneficios se restan de los beneficios y se colocan en el numerador. A continuación se presentan las distintas modalidades.

La directriz de la decisión es simple:

**Si B/C > 1.0, se determina que el proyecto es económicamente aceptable para los estimados y la tasa de descuento aplicada.**

**Si B/C < 1.0, el proyecto no es económicamente aceptable.**

Si el valor de B/C es igual o está muy cerca de 1.0, los factores no económicos ayudarán a tomar la decisión de la mejor alternativa.

La relación B/C convencional, probablemente la más ampliamente utilizada, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{B/C} = \frac{\text{beneficios} - \text{contrabeneficios}}{\text{costos}} = \frac{\text{B} - \text{CB}}{\text{C}} \dots\dots\dots(b)$$

La relación B/C modificada incluye los costos de mantenimiento y operación (M&O) en el numerador y los trata en forma similar a los contrabeneficios. El denominador, entonces, incluye solamente el costo de inversión inicial. Una vez que todas las cantidades se expresan en términos de VP, VA o VF, la razón B/C modificada se calcula de la siguiente forma:

$$\text{B/C modificada} = \frac{\text{beneficios} - \text{contrabeneficios} - \text{costos M\&O}}{\text{inversión inicial}} \dots\dots\dots (c)$$

### VII.6.8 Caracterización de Proyectos de Eficiencia Energética

*Los proyectos de eficiencia energética de manera particular plantean características que los identifican y, en muchas ocasiones, les distinguen de otros destinos de inversión.*

A continuación mencionamos algunos de los más relevantes de dichos elementos:

- Propician el uso racional y/o eficiente de los energéticos;
- Impactan de forma directa en la reducción de costos directos (combustibles y/o energía eléctrica) e indirectos (reposición, mantenimiento, etc.);
- No dependen de manera directa de estrategias de penetración comercial y fenómenos de variaciones del mercado de la empresa;
- Aprovechan y/u optimizan infraestructura y procesos existentes;
- Generan reducción de contaminantes; y
- Poseen la opción fondos de financiamiento externos más “blandos” y mecanismos de fomento (rebates & carbon credits).

En este mismo sentido, existen distintas variables a considerar en los PEL's, mismas que se requieren para el análisis de los mismos desde la óptica de la ingeniería económica.

Las variables más importantes que deben ser atendidas en los PEL's son:

Costo de los energéticos utilizados.- Se requiere contar con elementos de información tanto históricos, como actualizados de las tarifas aplicables a cada proyecto en particular, los primeros con el objeto de poder evaluar aspectos de tendencias, y los segundos para considerar el impacto real del valor de los renglones de energía involucrados en cada proyecto en particular.

Eficiencias actuales vs. Esperadas.- Este es un elemento vital en el análisis de los PEE, ya que el conocimiento de las condiciones actuales de consumo de energía y calidad de servicio (Línea Base Consumo), comparadas con las que se esperan obtener como resultado de la realización de los mismos, delimitan la expectativa de viabilidad de los mismos. Es por esto que en la medida en que exista un adecuado diagnóstico energético

de la instalación atendida, se podrá contar con mejores y mayores probabilidades de éxito en la aplicación de la medida propuesta.

Monto de la inversión y plazos de disposición.- Para la determinación de la fuente de recursos a la que se recurrirá para financiar los PEL's, se requiere el dimensionamiento adecuado de la inversión necesaria de los mismos, ya que dicha magnitud influirá en la decisión de su ejecución o no, o por lo menos, en la utilización de un financiamiento de tipo patrimonial o por deuda, o por la combinación de ambos.

Horas de operación.- El factor de utilización de los equipos y sistemas consumidores de energía en una instalación nos pueden definir también que tan atractivo desde el punto de vista financiero y económico puede resultar un PEL, o de plano, descartar su implantación como consecuencia de que un reducido número de horas de operación pueden significar, a pesar de que el proyecto involucrará una importante mejora tecnológica, un bajo nivel de entradas de flujo de efectivo y, por lo tanto, definir una Tasa de Rendimiento por debajo de la TMAR establecida por el usuario.

Vida útil de los equipos actuales y nuevos.- También es importante considerar el aspecto relacionado con la vida útil de los equipos, especialmente en lo que se refiere a comparación de alternativas de inversión. Ejemplo de esto es el caso de los sistemas de iluminación de tipo lineal, como puede ser el caso extremo de comparar tecnología T-12 con T-8 o T-5. En el primer caso, se estima que los tubos pueden tener una vida útil promedio de 1 año, mientras que en el caso de los posteriores, ésta podría ser del orden de 3 años. En estas circunstancias se debe tener especial cuidado de homologar este aspecto –afectando desde luego las inversiones respectivas- de forma tal que se mantenga la consistencia en el análisis de ingeniería económica.

#### **VII.6.9 Definición y discriminación de aspectos no energéticos, diferencias entre proyectos de producción y los PEE.**

Las diferencias más relevantes existentes entre los proyectos de producción y los PEE se refieren a la fuente de la que derivan las entradas de flujo de efectivo de los mismos. A continuación se describen las mismas:

No generan ingresos/ventas adicionales.- Los proyectos de eficiencia energética no están enfocados a incrementar de manera directa los ingresos del usuario que realiza la implantación de los mismos, ya que el objetivo de los del mismos reducir los costos y gastos inherentes al rubro de energía. No obstante, debe considerarse que en ciertos casos los PEL's pueden influir en mejorar la productividad del negocio y la imagen de calidad de éste, induciendo de manera indirecta un posible incremento en el nivel de sus ventas.

Reducen costos directos e indirectos, es decir, mejoran la utilidad operativa.- En este caso nos encontramos con el principal objetivo de los PEL's ya que su naturaleza de mejorar las condiciones de consumo de energía en los distintos usos finales correspondientes, sin afectar negativamente el nivel de servicio en los mismos, plantea necesariamente la

reducción de los costos y gastos respectivos, mismos que a nivel de cuenta de resultados, redundarán en un crecimiento de la utilidad operativa de la empresa que los implemente. En el anexo VII.1 se presentan ejemplos de evaluación económica de proyectos de eficiencia energética en aplicaciones eléctricas y térmicas.

## **VII.7 Análisis del Financiamiento de Proyectos de Energía Limpia**

La segunda parte de un análisis de viabilidad de negocio con grado de inversión, requiere la consideración del impacto que el proyecto tendrá dentro de la estructura financiera y económica de la empresa promotora del mismo.

La forma de aportación del capital por parte de los accionistas de la empresa determinará en gran medida las características del financiamiento que se desea obtener, por lo que en el proceso de formulación del plan de negocio del proyecto de energía limpia (PEL), se deberá plantear y dar solución en principio a los aspectos básicos relacionados con la búsqueda de un posible financiamiento. En muchos de los casos, los aspectos relativos al financiamiento de dichos PEL's adquieren especial importancia e incluso pueden definir la viabilidad de su implantación.

Por otro lado, las necesidades de financiamiento pueden constituir un factor que altere las condiciones idóneas del tamaño del proyecto, es decir, es frecuente que en un PEL se presente el potencial de implementar un proyecto de una capacidad de producción de energía –o de reducción en el consumo de la misma- cuya inversión asociada esté por encima de la capacidad de endeudamiento de la empresa promotora, obligándola a esta a realizar un proyecto de menores alcances.

Desde el punto de vista del empresario, se hace necesario realizar una estimación adecuada de la rentabilidad del capital que invertirá en el PEL, lo cual se traduce en el establecimiento de inicio de las condiciones de los créditos o cualquier otra forma de financiamiento, en cuanto a su monto, forma de pago, plazos de pago y tasas de interés.

Con base en lo anterior, el estudio del financiamiento del PEL debe considerar la evaluación de las distintas fuentes de recursos económicos necesarios para su realización, así como los mecanismos por medio de los cuales se harán llegar estos fondos a los proveedores de los insumos del proyecto.

Por su parte, se requerirá también tener claridad en los elementos solicitados por las fuentes de financiamiento consideradas para la obtención de los recursos económicos y se deberá tener pleno conocimiento de la viabilidad de satisfacer estos requisitos. Es indispensable esta parte del proceso, ya que en aquellos casos en los que para la realización de un PEL se requiere forzosamente del concurso de instituciones financieras o inversionistas externos a la empresa, y ésta no cuente con las condiciones necesarias para ser considerada sujeto de financiamiento, las posibilidades de su ejecución se hacen nulas.

Dentro de los alcances del estudio del financiamiento del PEL se deberán contemplar también las fechas en que se requieren los fondos para la realización del mismo, con base en un programa de construcción y un calendario de inversiones.

Por cuanto hace a la disponibilidad de los recursos, el estudio debe también tomar en cuenta, si es el caso, la parte de las inversiones que deberá ser cubierta en moneda extranjera; y señalar a que fuentes de financiamiento se recurrirá para la obtención de los recursos necesarios para cubrir la inversión necesaria.

### **VII.7.1 Criterios de Elegibilidad del Proyecto y de la Empresa Usuaría**

Desde la óptica de proyectos de inversión para cuya ejecución se hace indispensable la obtención de financiamiento por parte de terceros, particularmente de instituciones financieras, se deben contemplar desde el mismo inicio de las gestiones para la identificación de oportunidades de mejora energética y el diseño de los correspondientes proyectos, tanto los elementos de su viabilidad técnica y rentabilidad económica, como aquellos que demuestren que en principio la empresa usuaria puede ser considerada como **sujeto de crédito**.

A continuación se mencionan de manera puntual algunas de las consideraciones de mayor relevancia para la identificación de las condiciones mínimas que una empresa interesada en la obtención de financiamiento debe cumplir:

Solvencia Moral.- Se refiere a manifestación de antecedentes de probidad por parte de la empresa solicitante, lo cual se obtiene por medio del chequeo de referencias bancarias y comerciales. Usualmente los bancos solicitan por lo menos tres referencias de cada una. En el caso de las referencias bancarias se deben considerar preferentemente aquellas con las que la solicitante mantenga riesgos (o sea saldos deudores); mientras que para las referencias comerciales deberán presentarse las correspondientes a sus principales proveedores (cumplimiento de pagos) y clientes (cumplimiento de calidad de productos, tiempos entrega y servicio post-venta).

Solvencia Crediticia.- Que se manifiesta preferentemente a través del reporte de Buró de Crédito. En este reporte se muestran todos los compromisos vigentes y vencidos que tanto personas morales, como físicas tienen o han tenido con instituciones financieras, empresas comerciales y, recientemente, con el fisco. Se debe brindar especial atención con adeudos de origen comercial o fiscal, los cuales en muchas ocasiones pueden ser resultado de prácticas de presión de proveedores para realizar cobros dudosos o incluso indebidos, o bien, tratarse de errores; ya que una negociación de financiamiento puede verse truncada incluso desde el mismo inicio de la misma.

Indicadores de Situación Financiera y Económica.- Consiste principalmente en la consideración de tres grupos de indicadores: Liquidez, Apalancamiento y Estructura.

Los índices de liquidez indican si una empresa tiene activos suficientes para cumplir con sus obligaciones de deuda a corto plazo. Estos incluyen: el coeficiente de liquidez actual, el coeficiente de caja y el coeficiente de capital de trabajo. En todos los casos, un índice alto indica que la empresa tiene suficientes activos para pagar a sus deudores, pero también podría significar que la empresa no está utilizando sus activos de manera eficiente. Un índice bajo muestra que la empresa puede no ser capaz de satisfacer cómodamente sus obligaciones de deuda a corto plazo. La empresa debe comparar sus índices con los de otras empresas del sector para determinar si están dentro de un rango saludable.

Para el caso de los indicadores de liquidez, se debe tener preferentemente un valor superior a la unidad, aunque se dependerá en gran medida del tipo de empresa de que se trate, es decir, para una empresa comercial en el comportamiento de los indicadores de liquidez hay que tener en cuenta tres aspectos, en primer lugar los inventarios por ser el rubro más importante, las ventas de contado, debido que es la que mayor manejan este tipo de empresas, lo que simboliza que la cartera no es significativa y por último la inversión que es a corto plazo; ya que esta maneja un periodo más corto del ciclo dinero-producto-dinero. Para el caso de empresas manufactureras, en el comportamiento de los indicadores de liquidez, se debe recordar que este tipo de empresas utilizan un periodo de tiempo más largo para completar su ciclo dinero-producto-dinero, se deben tomar en cuenta los inventarios pero no de forma tan significativa, las cuentas por cobrar son un aspecto importante para estas, y la inversión ya es a largo plazo. Por su parte en las empresas de servicios en el comportamiento de sus indicadores de liquidez, los inventarios no tienen importancia, por lo general no se tienen en cuenta para indicar el rendimiento de la empresa, pero las cuentas por cobrar toman más importancia y la convertibilidad en efectivo de estas y su inversión es fija.

Por cuanto hace a los indicadores de Apalancamiento, también miden si la empresa puede pagar a sus deudores, pero desde una visión a largo plazo. Los índices de apalancamiento incluyen la relación entre deuda y activos, la relación entre deuda y capital, los intereses ganados en el tiempo y relación de índice de capitalización. Indican si la empresa puede absorber pérdidas ahora y aún así cumplir con sus obligaciones de deuda en el futuro. Estas relaciones ayudan a la empresa a determinar si puede darse el lujo de asumir más deudas y proyectos arriesgados. El rango saludable de los índices de apalancamiento varía de una industria a otra.

Finalmente, en materia de indicadores de estructura, se debe identificar que la empresa solicitante no se encuentre en quiebra técnica, es decir, que sus estados financieros recientes no muestren que ésta ha perdido más de las dos terceras partes de su capital social.

La institución bancaria realizará desde luego un análisis más detallado de la información financiera y económica de la solicitante, pero la identificación de los valores de los indicadores antes mencionados puede dar la pauta para solucionar posibles obstáculos

en el desarrollo de las gestiones para la búsqueda de financiamiento o, de plano, cancelar los trabajos de identificación y diseño del PEL si es que para su ejecución se requiere necesariamente de financiamiento de terceros.

### **VII.7.2 Formas de Financiamiento para PyME's**

En términos generales, los fondos para el financiamiento de proyectos de inversión para el sector empresarial pueden obtenerse de las siguientes fuentes:

- De los inversionistas de la empresa (aportaciones de capital social, utilidades acumuladas y reservas de depreciación).
- Del mercado de capitales, a través de la venta de acciones y obligaciones financieras.
- De préstamos de diversas fuentes.
- Operaciones “fuera de balance” (arrendamientos).

Dentro del contexto de esta guía nos remitiremos a las modalidades de préstamos y arrendamientos, que son para las cuales el nicho de PyME's tienen acceso a recursos económicos.

En el caso de los préstamos, estos se pueden clasificar en tres modalidades:

- a) Créditos corrientes o de corto plazo (con un plazo de hasta un año).
- b) Créditos intermedios o de mediano plazo (de más de uno y hasta cinco años).
- c) Créditos a largo plazo (de más de cinco años).

Los créditos de tipo corriente o de corto plazo se deben utilizar exclusivamente para financiar capital de trabajo, es decir, necesidades operativas de corto plazo; mientras que para financiar las inversiones fijas (edificios, maquinaria, equipos), se deberán utilizar recursos de mediano o largo plazo.

### **VII.7.3 Proporción en la inversión del PEL entre el capital de accionistas y financiamiento externo**

En el estudio de financiamiento se deberá definir la proporción de la inversión que deberá ser cubierta con capital propio de la empresa y la que habrá de financiarse con recursos provenientes de otras fuentes. Esta decisión dependerá, en el caso de las PyME's, básicamente de las posibilidades de sus propios accionistas de realizar aportaciones de capital fresco, de obtener la participación de nuevos inversionistas y/o de su capacidad para negociar préstamos de instituciones financieras.

En este último evento, se deberán analizar y ponderar las condiciones bajo las cuales se obtendrían los créditos, es decir, las formas de pago, los plazos de pago, el requerimiento de garantías, las tasas de interés y, en su caso, la subordinación del otorgamiento de dichos créditos a ciertos compromisos económicos o no económicos (cláusulas contractuales “de hacer” o “no hacer”-covenants), tales como adquisición de cierta maquinaria y equipo determinados, la intervención de auditores, la reducción de pasivos con accionistas, etc.

#### **VII.7.4 Capacidad de endeudamiento de la empresa solicitante**

Para la determinación del grado de endeudamiento en que puede incurrir una empresa usuaria para la realización de un proyecto de inversión, es necesario estimar sus utilidades anuales, considerando en éstas el impacto del PEL en las proyecciones de sus volúmenes de ventas y a través de la elaboración de los correspondientes presupuestos de ingresos y egresos.

Los niveles de utilidades así estimados, adicionados al monto de las reservas de depreciación y amortización de activos, representan la máxima capacidad de pago que tendría la empresa para hacer frente a los compromisos financieros derivados de uno o varios préstamos. Este concepto es fundamental en la consideración de la viabilidad de negocio de un proyecto: no es suficiente que el PEL tenga una generación de efectivo suficiente para cubrir los pagos financieros de un crédito obtenido para su realización, es indispensable que la generación de pago de la empresa usuaria sea suficiente para cubrir todos los compromisos de financiamiento –corto, mediano y largo plazo- por lo menos en el horizonte de análisis.

Cuando los PEL's van a ser ejecutados por empresas en operación, las posibilidades de que éstas obtengan los financiamientos requeridos, están en gran medida en función de los antecedentes empresariales y de la situación financiera histórica de las mismas. La consideración de estos temas en la elaboración de un plan de negocio para un PEL tiene por objeto visualizar con claridad las perspectivas de lograr el financiamiento requerido.

Entre los antecedentes que deben considerarse para este análisis se encuentra la identificación de las políticas de capital de trabajo de la empresa (efectivo mínimo requerido, inventarios, cuentas por pagar a proveedores y crédito comercial a clientes), pago de obligaciones, acumulación de reservas, adquisición de activos, reparto de utilidades y, en general, el comportamiento económico y financiero de la empresa.

La situación financiera de una empresa se puede analizar mediante la obtención de una serie de indicadores obtenidos a partir de su estado de situación financiera (o balance general). Entre los indicadores de mayor aplicación se encuentran los siguientes<sup>30</sup>:

*Solvencia Inmediata o Prueba del Ácido*, que se obtiene al dividir el activo disponible (activo circulante – inventarios) entre el activo circulante; indicador que nos dice cuál es la capacidad de la empresa de poder cubrir con activos de realización inmediata una potencial demanda de pago total e inmediato de sus deudas de corto plazo. Por encima de 1, el índice es aceptable.

*Liquidez*, obtenido al dividir el activo circulante entre el pasivo circulante; y nos refiere la capacidad de la empresa de cubrir en el corto plazo mediante la conversión de sus activos corrientes, las deudas con sus acreedores con adeudos de vencimiento menor a un año. Por encima de 1, es adecuado.

*Margen de Seguridad*, que se calcula al dividir el valor del Capital de Trabajo (activo circulante – pasivo circulante) entre el pasivo circulante; índice que nos muestra la fortaleza de la empresa para el desarrollo de sus operaciones productivas por encima de un posible requerimiento de pago de sus adeudos con vencimiento menor a un año. Por encima de 0, se presentan mejores condiciones operativas en la empresa.

*Participación de los Acreedores en la Empresa o Apalancamiento*, que se obtiene al dividir el pasivo total entre el activo total; y que nos muestra el grado de endeudamiento de la empresa, es decir, en qué proporción la empresa es propiedad de sus acreedores. Este indicador resulta en la mayoría de los casos adecuado cuando es menor de 1, sin embargo, en ciertas actividades de negocio, como es el caso de comercializadoras o instituciones financieras, niveles superiores a la unidad se pueden considerar adecuados para su operación.

### **VII.7.5 Estado de Origen y Aplicación de Recursos**

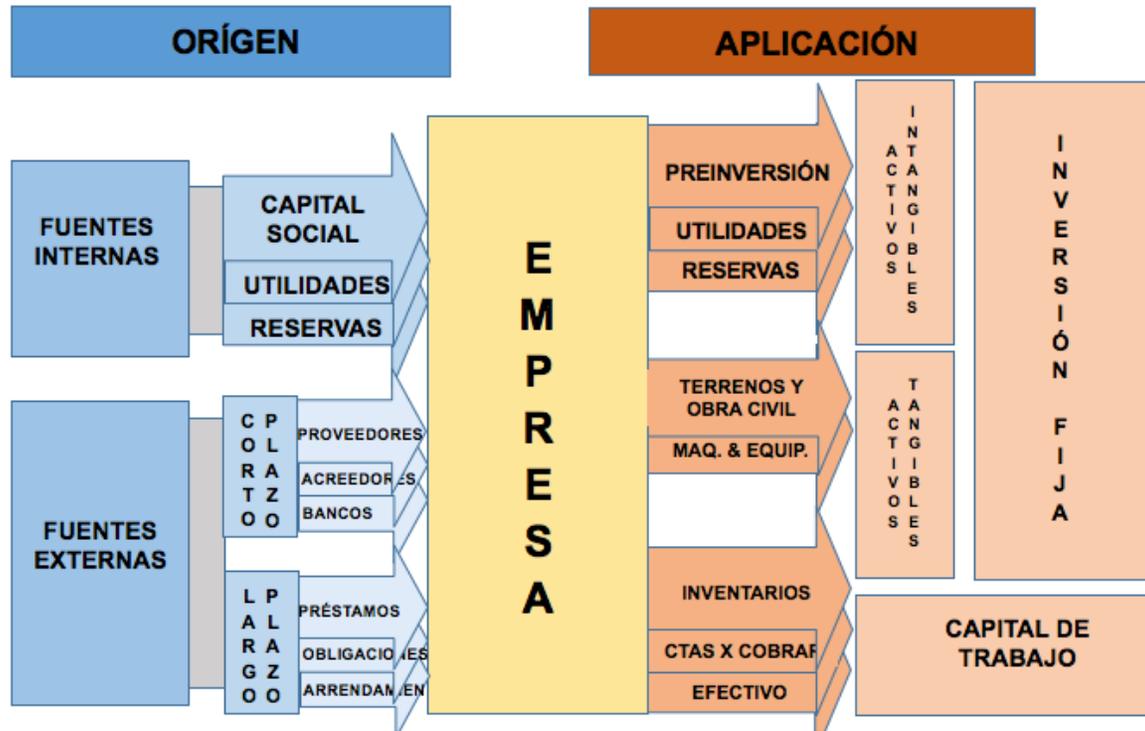
La identificación del conjunto de elementos que debe tener el financiamiento de un PEL, como el de cualquier otro destino de inversión, se facilita mediante su descripción en un estado de origen y aplicación de recursos. La elaboración de un plan de negocio de un PEL debe incluir no solo la consideración de los cálculos de los pagos financieros derivados de un crédito para su realización, sino también de los datos de las fuentes y destinos de los recursos previstos en la operación total de la empresa solicitante.

Para la elaboración de un estado de origen y aplicación de recursos en la ejecución de un PEL –y en general de cualquier proyecto de inversión- se debe partir de la elaboración de los correspondientes programas de inversiones y de financiamiento, siendo en el caso de este último necesario incluir la oportunidad en que deben obtenerse los recursos

---

<sup>30</sup> Para una mayor información respecto de este tema, ver anexo VII.2 “Finanzas IV Planeación Financiera”. Facultad de Contaduría y Administración-UNAM 2005. Pág. 88.

provenientes de cada una de las fuentes de financiamiento previstas, tanto internas, como externas a la empresa promotora del proyecto (ver figura VII. 7).



**Fig. VII.7 Origen y Aplicación de los recursos en un proyecto de inversión**

La operación del financiamiento de un proyecto de inversión no termina cuando se disponen de los recursos para realizar la adquisición de los distintos rubros de la inversión en activos fijos, puesto que también se requieren fondos para cubrir las necesidades de capital de trabajo, aún en las etapas de instalación y puesta en marcha del PEL, en cuestiones como los sueldos y salarios de personal asignado a estas actividades, así como de servicios profesionales externos. De igual forma, durante la puesta en marcha del proyecto pueden requerirse recursos económicos para la adquisición de materias primas y servicios para la realización de pruebas, así como del pago de los financiamientos adquiridos (existe la posibilidad de obtener financiamientos con periodos de gracia para el pago de capital, pero usualmente se deben pagar los intereses respectivos desde el primer mes vencido de la disposición del crédito).

## VII.8 Estados Financieros Proforma

Para estimar la situación financiera de la empresa con la implantación de un PEL en un horizonte por lo menos equivalente al plazo del financiamiento que se va a solicitar, es necesario elaborar *Balances* (estado de situación financiera) y *Estados de Resultados* (estado de pérdidas y ganancias) Proforma, así como *Estados Proforma de Origen y Aplicación de Recursos*.

A continuación se presenta la secuencia y metodología general<sup>31</sup> que es necesario seguir para la elaboración de estados financieros proforma:

- i. Elaboración de la estructura de inversión y financiamiento, con base en el costo de los elementos integrantes de la inversión en activos fijos, definida en el estudio de ingeniería (diagnóstico energético para los PEL's).
- ii. Preparación de un programa de inversiones y financiamiento, con base en el programa de actividades de adquisición, instalación y puesta en marcha, así como en la información obtenida en el punto inmediato anterior (ver Fig. VII.8).
- iii. Elaboración de las tablas de amortización de los créditos previstos para el financiamiento del PEL y del pago de los correspondientes intereses, con base en el programa de inversiones y financiamiento; y en las condiciones en que se obtendrían dichos créditos (forma de pago, plazos, amortizaciones e intereses devengados).
- iv. Estimación de un presupuesto de costos totales de operación para las actividades globales de la empresa promotora del PEL, incluyendo el impacto de éste (ver Capítulo VII Costos y Presupuestos de Operación, “La Formulación y Evaluación Técnico Económica de Proyectos Industriales”).
- v. Elaboración de una proyección de requerimientos de capital de trabajo para la operación de la empresa promotora del PEL, incluyendo la participación del PEL (ver Capítulo VI Inversión Fija y Capital de Trabajo, “La Formulación y Evaluación Técnico Económica de Proyectos Industriales”).
- vi. Preparación de Estados Proforma de Pérdidas y Ganancias, estimados como resultado de operación futura de la empresa promotora del PEL, partiendo de los presupuestos de ingresos y egresos del proyecto y de la empresa (ver Capítulo VII Costos y Presupuestos de Operación, “La Formulación y Evaluación Técnico Económica de Proyectos Industriales”); y en la proyección de requerimientos de capital de trabajo elaborada de acuerdo a lo planteado en el numeral inmediato anterior.
- vii. Elaboración de Balances Generales Proforma, mediante los cuales se mostraría la situación financiera de la empresa solicitante al término de los periodos anuales

---

<sup>31</sup> Fuente: La Formulación y Evaluación Técnico Económica de Proyectos Industriales. Soto Rodríguez, Humberto; Espejel Zavala, Ernesto; y Martínez Frías, Héctor. Tercera Edición 1981.

contemplados en el análisis (normalmente por un periodo por lo menos igual al del plazo del financiamiento solicitado); partiendo de los datos obtenidos en los numerales v y vi anteriores.



**Fig. VII.8** Diagrama de actividades para la determinación de la estructura y del programa de inversiones y financiamiento de un proyecto de inversión

Los estados financieros proforma que deben ser utilizados para visualizar los resultados esperados como consecuencia de la implantación de un PEL –y en general de cualquier proyecto de inversión- dentro de las operaciones económicas de la empresa promotora del mismo son:

- **Estado Proforma de Pérdidas y Ganancias**, que muestra los resultados económicos esperados para un periodo determinado de operación.
- **Balance General Proforma**, que presenta la situación financiera esperada de la empresa en una fecha determinada.
- **Estado Proforma de Origen y Aplicación de Recursos**, que describe las fuentes de donde se obtuvieron los recursos y el destino que se dio a los mismos durante un periodo determinado de operación.

Para conocer el detalle de cómo estructurar estos elementos de análisis financiero, se recomienda consultar el texto “La Formulación y Evaluación Técnico Económica de Proyectos Industriales”, en sus capítulos 6,7 y 9.

Para concluir con lo planteado en este módulo de la presente guía, tan sólo nos resta puntualizar la importancia que reviste la realización de una adecuada elaboración de los análisis de carácter económico y financiero de los PEL's, que debe ser considerada en todo momento con una visión de integralidad entre las características de negocio del proyecto, y las condiciones de viabilidad de la empresa promotora del mismo; con lo cual se podrá presentar a sus accionistas e instituciones financieras, cuando sea el caso, un planteamiento que reúne la información necesaria y presentada de forma adecuada para tomar la decisión de invertir o no recursos económicos para su realización.

[www.mledprogram.org](http://www.mledprogram.org)



**USAID** | **MÉXICO**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA